



УНИВЕРЗИТЕТ „СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ“ - БИТОЛА
ТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ
- Отсек за сообраќај и транспорт -

ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА

**НОВ ПРИСТАП ВО ПРОЕКТИРАЊЕТО НА СИСТЕМ НА
ВОЗДУШНИ ПРАВЦИ КАКО ОСНОВА ЗА АВТОМАТСКО
РАЗДВОЈУВАЊЕ НА ВОЗДУХОПЛОВИ**

Илир Мехмеди

Битола, август 2013.

УНИВЕРЗИТЕТ „СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ“ - БИТОЛА
ТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ
- Отсек за сообраќај и транспорт -

ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА

**НОВ ПРИСТАП ВО ПРОЕКТИРАЊЕТО НА СИСТЕМ НА
ВОЗДУШНИ ПРАВЦИ КАКО ОСНОВА ЗА АВТОМАТСКО
РАЗДВОЈУВАЊЕ НА ВОЗДУХОПЛОВИ**
**NEW APPROACH IN THE DESIGN OF A SYSTEM OF AIR
ROUTES AS A BASIS FOR AUTOMATIC AIRCRAFT SEPARATION**

Кандидат: М-р Илир Мехмеди

Студиска програма: Сообраќај и транспорт

Членови на комисија за оцена на докторската дисертација:

1. Академик Јосип Божичевиќ, ХАЗУ Загреб, Република Хрватска

Е-пошта: bozicevic@hazu.hr

2. Ред. проф. д-р Сања Штајнер, Универзитет Загреб, Факултет за сообраќајни науки –
Загреб, Република Хрватска (ментор)

Е-пошта: ssteiner@fpz.hr

3. Ред. проф. д-р Стојче Десковски, Универзитет „Св. Климент Охридски“, Технички
факултет – Битола (коментор)

Е-пошта: stojce.deskovski@uklo.edu.mk

4. Ред. проф. д-р Кристи Бомбол, Универзитет „Св. Климент Охридски“, Технички
факултет – Битола

Е-пошта: kristi.bombol@tfb.uklo.edu.mk

5. Насловен доц. д-р Томислав Тунтев, Аеродром „Св. Апостол Павле“ - Охрид

Е-пошта: tomislav.tuntev@tav.aero

ИЗЈАВА ЗА АВТОРСТВО НА ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА

Под морална, материјална и кривична одговорност, потпишаниот Илир Мехмеди, докторанд на Отсекот за сообраќај и транспорт при Технички факултет – Битола, изјавувам дека автор сум на докторската дисертација под наслов „**Нов пристап во проектирањето на систем на воздушни правци како основа за автоматско раздвојување на воздухоплови**“.

Со својот потпис потврдувам дека:

- прикажаната докторска дисертација исклучително е резултат на сопствената истражувачка работа
- делата од другите автори коишто ги употребив во докторската дисертација се цитирани во согласност со упатствата за цитирање
- списокот на користена литература е наведен во согласност со упатствата за цитирање на литература
- ги имам добиено согласностите од авторите за користење на нивните оригинални дела
- сум свесен дека плагијаторството – претставување на туѓи дела, било во облик на цитат, било со парафразирање, или во графички облик со којшто туѓите мисли односно идеи се претставени како мои сопствени, се казнува според Закон (чл. 57 алинеја 8 од ЗВО)
- сум свесен за последиците врз мојот статус од докажаното плагијаторство
- електронската форма е идентична со печатената форма на докторската дисертација.

Битола, август 2013 год.

Илир Мехмеди

СОДРЖИНА

БЛАГОДАРНОСТИ

АПСТРАКТ	i
ABSTRACT	ii
Попис на слики	iii
Попис на табели	vi
Попис на дијаграми	vii

ГЛАВА 1

ВОВЕД	1
1.1. Проблем на истажувањето	1
1.2. Научни хипотези	5
1.3. Предмет и цели на истражувањето	6
1.4. Оценка на досегашните истражувања	7
1.5. Научни методи на истражување	12
1.6. Структура на трудот	12
1.7. Научен и практичен придонес	13

ГЛАВА 2

ИСТОРИЈАТ И ОСНОВИ НА РАЗВОЈОТ НА СИСТЕМИТЕ НА ВОЗДУШНИ ПРАВЦИ	16
2.1. Анализа на постоечките концепти и програми на контролната автоматизација и раздвојување на воздухопловите во фаза на рутниот лет	16
2.1.1 EUROCONTROL програма - FRAC RNDSG	16
2.1.2 СЛОБОДЕН ЛЕТ ВО ЗОНА НА МЕДИТЕРАНОТ (Mediterranean Free Flight – MFF)	21
2.1.3 СУПЕР ПАТ (Super Highway - SH)	22

ГЛАВА 3

МРЕЖА НА ВОЗДУШНИ ПАТЕКИ	27
3.1. Пресек на сегашната состојба на глобалната мрежа на воздушните патеки	27
3.2. Проблем на капацитетот на воздушниот простор	36

3.2.1. ОГРАНИЧУВАЊЕ НА КАПАЦИТЕТОТ НА ПОСТОЕЧКИТЕ МРЕЖИ НА ВОЗДУШНИТЕ ПАТИШТА	36
3.2.2 ФАКТОРИ НА ОГРАНИЧУВАЊЕ	38
3.2.2.1 Административни фактори	39
3.2.2.2 Политички фактори	40
3.2.2.3 Технички ограничувања	41
3.2.2.4 Оперативни ограничувања	42
3.2.2.5 Ограничувања од човечки фактор	42
3.3. Економичност на летот	43
3.3.1. ВОВЕД	43
3.3.2. ЕКОНОМИЧНОСТ ПРИ КОРИСТЕЊЕ НА РУТИ	44
3.3.3. АНАЛИЗА НА ЕКОНОМИЧНОСТ ПРИ КОРИСТЕЊЕ НА РУТИ ЗА ПЕРИОД 2010-2014	51
3.3.4 ЕКОНОМИЧНОСТ НА ТЕРМИНАЛНИТЕ ANS ТРОШОЦИ НА ЕВРОПСКО НИВО	56
3.3.5. ТРЕНДОВИ НА ЕКОНОМСКА ЕКОНОМИЧНОСТ НА ЕВРОПСКО СИСТЕМСКО НИВО (2007-2011)	58
3.3.6. ПОДЕЛБА НА КРИ ЗА ЕКОНОМИЧНОСТ (2007-2011)	63
3.3.7. ЗАКЛУЧОЦИ ЗА ЕКОНОМСКИТЕ ПОКАЗАТЕЛИ	66
ГЛАВА 4	
НОВА МРЕЖА НА ВОЗДУШНИ ПРАВЦИ	69
4.1. Вовед	69
4.1.1. ОПИС НА ЕЛЕМЕНТИТЕ	74
4.1.2. КАРАКТЕРИСТИКИ WATEN	77
4.2. Формирање на мрежата WATEN	77
4.2.1. ГЛАВНИ ПРАВЦИ	78
4.2.2. ПОМОШНИ ПРАВЦИ	78
4.3. Управување на WATEN мрежата	79
4.3.1. АДМИНИСТРАТОР НА МРЕЖА	79
4.4. Технички системи	80
4.4.1 НАВИГАЦИЈА	80
4.4.2 КОМУНИКАЦИЈА	80

4.4.3 НАДЗОР	81
4.4.4 МЕТЕОРОЛОГИЈА	81
ГЛАВА 5	
МЕТОДОЛОГИЈА НА ИСТРАЖУВАЊЕТО	86
5.1 Моделирање на синхронизацијата на сообраќајот	86
5.2 Структура на моделот и критериуми	86
5.2.1 НАВРЕМЕНОСТ	87
5.2.2. ТРОШОЦИ	90
5.2.3 РАБОТНО ОПТОВАРУВАЊЕ	91
5.2.4 ВРЕМЕ НА ПРЕМИН	92
5.3 Алгоритам на синхронизација на сообраќајот	93
5.4 Дефинирање на сценарија	97
5.4.1 ВЛЕЗНИ ПОДАТОЦИ	99
5.4.2 ПРОТОК НА СООБРАЌАЈОТ	101
5.5. Анализа на резултатите од истражувањето	103
5.5.1 АНАЛИЗА НА РЕЗУЛТАТИТЕ ЗА 2009 ГОДИНА	104
<i>5.5.1.1 Развој на сценарија за 2009 година</i>	<i>107</i>
<i>5.5.1.2 Вреднување (процена) на сценаријата за 2009 година</i>	<i>115</i>
5.5.2 АНАЛИЗА НА РЕЗУЛТАТИТЕ ЗА 2012 ГОДИНА	118
<i>5.5.2.1 Развој на сценарија за 2012 година</i>	<i>120</i>
<i>5.5.2.2 Вреднување (процена) на сценаријата за 2012 година</i>	<i>126</i>
5.5.3 РЕЗИМЕ НА ДОБИЕНИТЕ РЕЗУЛТАТИ	128
ГЛАВА 6	
ТЕСТИРАЊЕ И ВЕРИФИКАЦИЈА НА МОДЕЛОТ НА СИНХРОНИЗАЦИЈА НА СООБРАЌАЈОТ	132
6.1 Анализа на варијансата	132
6.2 Експериментални симулации – проценка на продуктивноста и капацитетот	135
6.2.1 ДЕФИНИРАЊЕ НА СЦЕНАРИЈА	135
6.2.2 АНАЛИЗА НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОД СИМУЛАЦИЈАТА	140
<i>6.2.2.1 Рутно доцнење</i>	<i>140</i>
<i>6.2.2.2 Продуктивноста на сектор</i>	<i>141</i>

6.2.2.3 Капацитет на воздушен простор и работно оптоварување на контролор	141
6.2.2.4 Конфликтни варијации	142
6.2.2.5 Потрошувачка на гориво	142
6.2.3 ВЛЕЗНИ ПОДАТОЦИ ЗА СИМУЛАЦИЈАТА	143
6.2.3.1 Примерок на сообраќај	143
6.2.3.2 Рутна мрежа и структура на воздухоплов	145
6.2.3.3 Перформанси на воздухоплов - BADA модел на енергија	147
6.2.3.4 Капацитет и методологија на работно оптоварување	148
6.2.4 ПРОВЕРКА НА МОДЕЛОТ И ОГРАНИЧУВАЊА	148
6.3 Дискусија на резултатите	150
6.3.1. РУТНО ДОЦНЕЊЕ	151
6.3.2 ПРОДУКТИВНОСТ НА СЕКТОР	155
6.3.3 КАПАЦИТЕТ НА ВОЗДУШЕН ПРОСТОР И РАБОТНО ОПТОВАРУВАЊЕ НА КОНТРОЛОРОТ НА ЛЕТАЊЕ	160
6.3.4 ВАРИЈАЦИИ НА КОНФЛИКТИ	169
6.3.5. ПОТРОШУВАЧКА НА ГОРИВО	173
6.4. Резиме од тестирањето на моделот	174
ГЛАВА 7	
ЗАКЛУЧОЦИ	177
7.1 Генерални заклучоци	178
7.2 Научен и практичен придонес	180
7.3 Ограничувања и насоки за идни истражувања	180
КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА	182

БЛАГОДАРНОСТИ

АПСТРАКТ

Над 70% од инцидентите и незгодите во цивилниот воздушен сообраќај се предизвикани од човечки фактор. Затоа, постои цврста потреба од повисок степен на автоматизација, посебно во процесот на контролата и раздвојување на цивилните воздухоплови кои летаат според инструментални правила и прописи.

Според долгорочните предвидувања, воздушниот сообраќај, годишно се развива во просек за 5%. Тоа ќе придонесе за оптоварување на воздушниот простор и лимитирање на идниот развој на цивилниот воздушен сообраќај. Новото решение за зголемување на капацитетот и подобрување на безбедноста на летот е со помош на автоматизација.

Еден од основните завети за целосна автоматизација на процесот на контролата и раздвојување на воздушниот сообраќај е поставувањето на прилагодлива мрежа на светски воздухопловни патишта, како физичка основа за систематизирано движење на воздухопловите и матрици во процесот на раздвојување.

Овој труд ја докажува потребата од прилагодлива мрежа на светските воздухопловни патишта – WATEN. Цел на проценката на продуктивност и капацитет е да се провери потенцијалното влијание на синхронизацијата на сообраќај со посебен осврт на продуктивноста на контролорот и бројот на конфликтни ситуации како придонес кон безбедноста и капацитетот на воздушниот простор.

Експериментирањето на синхронизацијата на сообраќај се симулира и споредува со тековните првични ситуации во три различни ситуации во дел на областа на ЦЕ во: 2009, 2012 и претоставка за 2015 година. Сценаријата се симулираа на Реорганизираниот математички симулатор за контрола на летање - Reorganized ATC Mathematical Simulator (RAMS Plus™) верзија 5.0.

Автоматскиот раздвоен сообраќај ќе овозможи поголем степен на безбедност налетот, намалување на бројот на сообраќајни несреќи, поголем капацитет на воздушниот простор и стабилен тек на цивилниот воздушен сообраќај.

Клучни зборови: автоматизација, слободен лет, воздушни мрежи, летање во група, капацитет на воздушниот простор, раздвојување на воздухоплови.

ABSTRACT

Over 70% of the incidents and accidents in the civil air traffic are caused by the human factors. Due to this, there is a need of more complex automation, particularly of the process of control and separation of civil aircrafts that operate under Instrumental Flight Rules.

According to long-term planning, the air traffic is developed annually for average 5%. This will lead to air space overloading and it will cause constraints to the forthcoming development of the civil air traffic. Automation is the new solution for increasing the capacity and improving the flight safety.

In terms of total automation of the process of control and separation of air traffic, one of the basic orientations is establishment of adjustable world-wide route network as a physical platform for systematic operation of aircrafts and matrices in the process of separation.

This research shows the need of world-wide adjustable en- route network –WATEN. The aim of the estimation of the productivity and capacity is to verify the potential impact of the air traffic synchronization, particularly of the air traffic controller productivity and the number of conflicting situations as a contribution to the safety and Air Space Capacity.

Experimenting of the air traffic synchronization is simulated and it is compared with the current initial situations during three various situations in one part of the area CE in: 2009, 2012 and estimation for the year of 2015. The scenarios are simulated in Reorganised ATC Mathematical Simulator (RAMS Plus™), V.5.0.

The automatically separated air traffic would enable a higher level of safety, decrease in the number of air traffic accidents, greater air space capacity and smooth flow of civil air traffic.

Key words: automation, free flight, route networks, group flying, air space capacity, separation of aircrafts.

ПОПИС НА СЛИКИ

стр.

Слика бр. 3.1: Преглед на транзитните воздушни патеки во сегментот на Централна Европа од 1985 год.	28
Слика бр. 3.2: Преглед на транзитните воздушни патеки во сегментот на Централна Европа од 1990 год.	28
Слика бр. 3.3: Преглед на транзитните воздушни патеки во сегментот на Централна Европа од 1994 год.	29
Слика бр. 3.4: Преглед на транзитните воздушни патеки во сегментот на Централна Европа од 1999 год.	29
Слика бр. 3.5: Преглед на транзитните воздушни патеки во сегментот на Централна Европа од 2002 год.	30
Слика бр. 3.6: Преглед на транзитните воздушни патеки во сегментот на Централна Европа од 2005 год.	30
Слика бр. 3.7: Преглед на транзитните воздушни патеки во сегментот на Централна Европа од 2006 год.	31
Слика бр. 3.8: Преглед на транзитните воздушни патеки во сегментот на Централна Европа од 2007 год.	31
Слика бр. 3.9: Преглед на транзитните воздушни патеки во сегментот на Централна Европа од 2009 год.	32
Слика бр. 3.10: Преглед на транзитните воздушни патеки во сегментот на Централна Европа од 2010 год.	32
Слика бр. 3.11: Преглед на транзитни воздушни патеки во сегментот на Централна Европа од 2011 год.	33
Слика бр. 3.12: Поединечни трошоци за рути за секој SU за областа на EUROCONTROL [€2009]	46
Слика бр. 3.13: Зголемување на сообраќајот во европските држави	47
Слика бр. 3.14: Намалување на актуелните трошоци 2011 год.	51
Слика бр. 3.15: Терминални наплатни единици 2013 год.	54
Слика бр. 3.16: Преглед на поединечните (gate-to-gate) трошоци при обезбедување на CNS/ATM услуги	57

Слика бр. 3.17: Трендови на економичност на европско системско ниво (2007-2011 година)	58
Слика бр. 3.18: Трендови на економичност помеѓу ANSP и FAB во 2011 год	60
Слика бр 3.19: Географска локација на придонесот на ATFM доцнења	61
Слика бр. 3.20: Различни компоненти и економичност	63
Слика бр. 3.21: CNS/ATM услуги за секој композитен час на лет	65
Слика бр. 4.1: WATEN со основните елементи: централна линија, почетна точка, завршна точка, поврзување	70
Слика бр.4.2: Централна линија WATEN со непарни и парни бочни линии	71
Слика бр.4.3: WATEN компензациски поврзници	74
Сликаа бр.4.4: Еластично закривување на WL од причини - опасни облаци	82
Слика бр.4.5: Еластично закривување на WL (на левата страна) заради опасните облаци на сегментирање по висина	83
Слика бр.4.6: Еластично закривување на WL (на левата страна) заради опасните облаци на сегментирање по хоризонтала	84
Слика бр.5.1: Структура на моделот на синхронизација (оптоварување)	87
Слика бр.5.2: Време на премин	93
Слика бр.5.3: Структура на моделот	93
Слика бр.5.4: Структура на алгоритмот - почетно поставување	97
Слика бр.5.5: Структура на алгоритам на време на летот на воздухопловот	98
Слика бр.5.6: Проток на сообраќај во регионот	100
Слика бр.6.1: Целни протоци – RUDNO-INLOT (жолт), BUDEX-KERUP (лилав) GAMSА-VAL (црн)	138
Слика бр.6.2: Целни протоци –RUDNO-INLOT (лилав), KEBIX-DOBAR (кафен), GAMSА-VAL (зелен)	139
Слика бр.6.3: Целни протоци – NETES-INLOT(жолт), KEBIX-DOBAR(зелен), GAMSА-VAL (црн)	139
Слика бр.6.4: Структура на воздушен простор за сценарија во 2009 година	146
Слика бр.6.5: Структура на воздушниот простор за сценарија 2012 и 2015 година	147
Слика бр.6.6: Просечно рутно доцнење за лет наспроти бројот на летови за време на синхронизацијата	152

Слика бр.6.7: Просечни измени на рутното доцнење за лет во различни ситуации на сообраќај	152
Слика бр.6.8: Просечна промена на рутното доцнење за лет во однос на прилагодувањето на брзината	153
Слика бр.6.9: Просечна промена на рутното доцнење за лет во однос на бројот на целни нивоа на лет	153
Слика бр.6.10: Просечна промена на рутното доцнење за лет меѓу бројот на рути во однос на 1 целно FL	154
Слика бр.6.11: Просечна промена на рутното доцнење за лет меѓу бројот на рути во однос на две целни нивоа на лет	154
Слика бр.6.12: Просечна промена на секторска центарската продуктивност во различни сообраќајни ситуации	156
Слика бр.6.13: Просечна промена на продуктивноста на сектор со однос на прилагодување на брзина	157
Слика бр.6.14: Просечна промена на секторската продуктивност во однос на целните нивоа на лет	157
Слика бр.6.15: Просечна промена на продуктивноста на секторот каде се одржува синхронизација	158
Слика бр.6.16: Просечна промена на продуктивноста на секторот – споредба меѓу бројот на рути	159
Слика бр. 6.17: Просечна промена на капацитетот на воздушниот простор при различни сообраќајни ситуации	160
Слика бр. 6.18: Просечна промена на капацитетот на воздушниот простор во однос на прилагодувањето на брзината	161
Слика бр.6.19: Просечна промена на капацитетот на воздушниот простор во однос на бројот на целни нивоа на лет	161
Слика бр.6.20: Просечен капацитет на воздушниот простор – сектори во кои се одржува синхронизација	162
Слика бр.6.21: Сектори под влијание на синхронизацијата – во самиот сектор (лево); меѓу сектори (десно)	162
Слика бр.6.22: Просечен секторски капацитет на воздушниот простор – споредба меѓу бројот на рути	163

Слика бр.6.23: Просечна промена на работното оптоварување на РС контролорот во различни сообраќајни ситуации	165
Слика бр.6.24: Просечна промена на работното оптоварување на ЕС во различни сообраќајни ситуации	166
Слика бр.6.25: Просечно работно оптоварување на ЕС на половина час – сектори каде се воспоставува синхронизација на засегнати рути	168
Слика бр.6.26: Просечно работно оптоварување на РС на половина час – сектори каде што се воспоставува синхронизација на пеализирани рути	168
Слика бр.6.27: Просечна промена на бројот на конфликтни ситуации во различни ситуации во сообраќајот	171
Слика бр.6.28: Просечна промена на одреден број на конфликтни ситуации во однос на прилагодување на брзината	171
Слика бр.6.29: Просечна промена на одреден број на конфликтни ситуации во однос на целните нивоа на лет	171
Слика бр.6.30: Просечна промена на дадениот број на конфликтни ситуации – сектори каде се воспоставува синхронизација	172
Слика бр.6.31: Просечна промена на даден број на конфликтни ситуации – сектори каде се одржува синхронизација	172
Слика бр.6.32: Просечна промена на потрошувачката на гориво за лет во различни ситуации на сообраќај	173
Слика бр.6.33: Просечна промена на потрошувачката на гориво за лет меѓу даден број на рути во однос на +/- 12 јазли	174
Слика бр.6.34: Просечна промена на потрошувачката на гориво за лет во синхронизиран проток	174
 ПОПИС НА ТАБЕЛИ	 стр.
Табела бр. 3.1: Трошоци за користење на рути за секоја наплатна единица – SU за областа на EUROCONTOL [€ 2009	45
Табела бр. 3.2: Споредба меѓу планираните ANS рутни трошоци и SU	49
Табела бр. 3.3: Терминалните ANS трошоци и сообраќајот	53
Табела бр. 5.1: Ограничувања на алгоритмот	99

Табела бр. 5.2: Број на летови според примерокот на сообраќај во дел на Централна европа	101
Табела бр.5.3: Број на летови според профилот на лет низ дел на ЦЕ	103
Табела бр. 5.4: Вредности на праг на алгоритам	104
Табела бр. 5.5: Најфреквентна брзина на одбраните протоци	106
Табела бр. 5.6: Сообраќај (BUDEX-KEROP) –примена на алгоритам во сценарио 1	107
Табела бр. 5.7: Примена на алгоритам – дистрибуција на сообраќај на нивоа на лет за време на синхронизација	108
Табела бр. 5.8: Промена на степенот на синхронизација	116
Табела бр. 5.9: Параметри на синхронизација за сегментот RUDNO-INLOT	116
Табела бр. 5.10: Најчеста брзина на одбраните протока	120
Табела бр. 5.11: Промена на степенот на синхронизација	127
Табела бр. 5.12: Преглед на придобивките за сите сценарија (дневен сообраќај во 2009 год.)	128
Табела бр. 5.13: Преглед на придобивките за сите сценарија (5 часа врвно оптоварување во 2012 год.)	129
Табела бр. 6.1: Подобрување на капацитетот на воздушниот простор меѓу 2009, 2012 и 2015 година (во %)	133
Табела бр. 6.2: Анализа на варијансата	134
Табела бр. 6.3: Видови сценарија	136
Табела бр. 6.4: Примероци на сообраќај	143

ПОПИС НА ДИЈАГРАМИ	стр.
---------------------------	-------------

Дијаграм бр. 5.1: Дистрибуција на брзина на сообраќај во даден сегмент RUDNO-INLOT, BUDEX-KEROP и SANSA-VAL	106
Дијаграм бр. 5.2: Сценарио 1 - Дистрибуција на сообраќај и брзина на сегмент RUDNO-INLOT по синхронизација	109
Дијаграм бр. 5.3: Сценарио 2 - Дистрибуција на сообраќај и брзина на сегмент RUDNO-INLOT по синхронизација	110
Дијаграм бр. 5.4: Сценарио 3 - Дистрибуција на сообраќај и брзина на сегмент RUDNO-INLOT по синхронизација	111

Дијаграм бр. 5.5: Сценарио 1 - Брзина и дистрибуција на сообраќај на сегментот BUDEX-KEROP по синхронизација	112
Дијаграм бр. 5.6: Сценарио 2 - Брзина и дистрибуција на сообраќај на сегментот BUDEX-KEROP по синхронизација	112
Дијаграм бр. 5.7: Сценарио 3 -Брзина и дистрибуција на сообраќај на сегментот BUDEX-KEROP по синхронизација	113
Дијаграм бр. 5.8: Сценарио 1 - Брзина и дистрибуција на сообраќај на сегментот GAMSA-VAL по синхронизација	114
Дијаграм бр. 5.8: Сценарио 2 - Брзина и дистрибуција на сообраќај на сегментот GAMSA-VAL по синхронизација	115
Дијаграм бр. 5.9: Дистрибуција на брзина на сегментот RUDNO-INLOT, KEBIX-DOBAR и GAMSA-VAL	119
Дијаграм бр. 5.10: Сценарио 1 - Дистрибуција на брзина и сообраќај на RUDNO-INLOT по синхронизацијата	121
Дијаграм бр. 5.11: Сценарио 2 - дистрибуција на брзина и сообраќај на сегментот RUDNO-INLOT по синхронизација	121
Дијаграм бр. 5.12: Сценарио 3 - Дистрибуција на сообраќај и брзина на сегментот RUDNO-INLOT по синхронизацијата	122
Дијаграм бр. 5.13: Сценарио 1 - дистрибуција на брзина и сообраќај на сегмент KEBIX-DOBAR по синхронизацијата	123
Дијаграм бр. 5.14: Сценарио 3 - Дистрибуција на брзина и сообраќај на сегмент KEBIX-DOBAR по синхронизацијата	124
Дијаграм бр. 5.15: Сценарио 1 - Дистрибуција на брзина и сообраќај на сегмент GAMSA-VAL по синхронизацијата	125
Дијаграм бр. 5.16: Сценарио 2 - Брзина и дистрибуција на сообраќај на сегмент GAMSA-VAL по синхронизацијата	125
Дијаграм бр. 5.17: Сценарио 3 - Брзина и дистрибуција на сообраќај на сегмент GAMSA-VAL по синхронизацијата	126
Дијаграм бр. 6.1: Структура на алгоритмот	137
Дијаграм бр. 6.2: Дистрибуција на сообраќај во 2009, 2012, 2015 за време на синхронизацијата (9:00-11:00)	144
Дијаграм бр. 6.3: Број на летови на целните рути за време на синхронизацијата	144

ГЛАВА 1

ВОВЕД

1.1 Проблеми на истражувањето

1.2 Научни хипотези

1.3 Предмет и цели на истражувањето

1.4 Оценка на досегашните истражувања

1.5 Научни методи на истражување

1.6 Структура на трудот

1.7 Научен и практичен придонес

1. ВОВЕД

1.1. Проблем на истражувањето

Автоматизацијата е докажан револуционерен технолошки напредок. Нејзината примена присутна е во сите области на индустријата и транспортот, а со тоа и во воздухопловството, подобрувајќи ја оперативната безбедност и ефикасноста на летањето. Во сферата на воздушниот сообраќај, автоматизацијата придонесува за безбедно и ефикасно работење на пилотот и контролорот на летање, така што овозможува во голем обем да се алоцираат ресурси за безбедно оперативно работење и да се дава побрз и поразбирлив пристап до потребните информации.

Контролата на летање е систем којшто се занимава со контрола и раздвојување на воздухопловите. Како најбитен човечки фактор во системот на контролата на летање, контролорите на летање се незаменливи во работата на контролата и раздвојувањето, бидејќи не се развиени сите три неопходни елементи на автоматското меѓусебно раздвојување на воздухопловите: 1. глобалниот навигациски систем, 2. автоматскиот систем на раздвојување во хоризонтална рамнина, и 3. автоматскиот систем на раздвојување во вертикална рамнина. Во тој случај постојат два од три можни потребни елементи. Во улога на глобално навигацискиот систем постои ADS-B¹, VDL² Mode 4, Мултилатерација и др. Во улога на автоматскиот систем на раздвојување на авионот во вертикална рамнина се користи ACAS³ II, но во улога на автоматскиот систем за раздвојување во хоризонтална рамнина сè уште не е развиен некој поприфатлив систем. Со тоа е оневозможено автоматското раздвојување на воздухопловите.

Бидејќи автоматското раздвојување на воздухопловот е само дел на автоматската контрола на воздухопловот, очигледно е дека голема работа ги чека научниците од областа на автоматизацијата во контролата на авиосообраќајот. Притоа, не може да се направи заштеда на замена на контролорот на летање со автоматскиот систем на раздвојување на воздухопловот.

¹ ADB-S - Advanced Data Broadcasting System

² VDL VHF Data Link

³ ACAS - Airborn Collision Avoidance System

Автоматизацијата на раздвојување на воздушниот сообраќај е предмет на бројни истражувања во светот. Истражувањата се базираат на постојната воздушна мрежа која е ограничена сама по себе, бидејќи е конструирана да служи на човековата работа на ова поле или на концептот за слободен лет. Ова пак зависи од автоматизацијата на хоризонталното и вертикалното раздвојување, кое се заснова на слободен избор на правецот на летот од страна на пилотот, што може да доведе до непредвидено згуснување на сообраќајот во критичните зони на воздушниот простор. За да се одржи уредна шема на сообраќајот, воздушните патеки се користат за структурирање на сообраќајниот проток и нивото на летовите се користат како слоеви за да се раздвојат воздухопловите. Ова често им попречува на оптималната директна рута и на оптимална висина. Потребата да се одржи моменталната свесност, исто така го лимитира бројот на воздухоплови, со кои може да управува еден контролор. Ова претставува ограничувачки фактор за капацитетот на воздушниот простор и доведува до доцнење во сообраќајот.

Во овој труд се истражува поставувањето и развојот на мрежите на воздушните правци како основа за контрола и раздвојување на воздухопловот во рутната фаза на летање.

Карактеристиките на таквата мрежа мора да бидат:

- Глобален и компатибилен дел од глобалната мрежа на воздушните правци;
- Еластична во смисла на моментална реакција на физичка, правна и метеоролошка запрека на просторот;
- Оптимална во смисла на нивото на потребната развиеност;
- Економична во смисла на оперативната заштеда;
- Флексибилна во смисла на прилагодување на потребите на постојаното ниво на развој на сообраќајот, на неговиот иден развој, како и на постоечката инфраструктура на аеродромите и нивниот иден развој.

Автоматизацијата во контролата на воздухопловот доживеа експлозивен пораст со развојот на компјутерот, кој е овозможен со пронаоѓањето на транзисторот во 1947 год. и со постојана минијатуризација на компјутерските компоненти. Во периодот по 1970 год., во авијацијата се обезбеди физичко лоцирање и широко користење на дигиталната технологија.

Позитивните ефекти на автоматизацијата како најјака технолошка појава, во текот на XX век толку има негативни последици, што таа стана неопходна како елемент на технолошкиот развој, а посебно за зголемување на капацитетот на системот, како што е случајот со авиосообраќајот.

Американската асоцијација на воздухопловството АТА⁴ е во рамките на Комитетот за интеграција на воздухопловниот систем, каде има поставена работна група за изучување на човечкиот фактор во авиосообраќајот. Групата со својот труд „Национален план за зголемување на воздухопловната безбедност со унапредување на човечкиот фактор“ (National Plan to Enhance Aviation Safety through Human Factors Improvements) од 1995 година ја осветли дотогашната и идната улога на автоматизацијата во воздухопловството. Најголем придонес на оваа публикација е во откритието на позитивните ефекти на автоматизацијата, и ограничувањата, поврзани за човечкиот фактор. Како заклучок е дека човечкиот фактор не може да се исклучи од оперативното работење во контролата на воздухопловниот сообраќај и дека уште долго ќе ја задржи позицијата на централен елемент. Ќе биде потребно многу внимателно истражување во решавањето на проблемите на целосна автоматизација на оперативните работи.

Затоа, автоматизацијата, по заклучок на оваа група, ќе остане помошно средство за поддршка на човечкиот фактор и за подобрување на капацитетот на системот. Развојот на автоматизацијата на авионските системи и контролните работни станици ќе биде можен единствено со човекот во својата средина (Human-Centered Automation).

Како одговор на потребите за автоматизација во контролата и раздвојување на воздухопловите, NASA започна истражување на тема „Интеракција на човечкиот фактор и компјутери во авијацијата како основ за идно автоматско решение“ (август 1991 година)⁵.

Со развојот на глобалните навигациски системи, навигациската автоматизација ги ослободи членовите на екипажот на воздухопловите од стриктното придржување кон навигациските принципи на летање од точка до точка односно на навигациските

⁴ АТА - Air Transport Association

⁵ Charles E Billings, "Human – Centered Aircraft Automation: A Concept and Guidelines", Ames Research, Moffett Field, California, August 1991

средства на земја. Но, сепак, тоа придонесе до повеќекратно зголемување на обемот на координација и ги усогласува конфликтните предвидувања. Со тоа се создава задача за решавање на идните проблеми на овој вид на авиосообраќај кој се зголемува и трпи огромни притисоци за поефтинување. Наедно, и економската криза направи додатни притисоци да се реализираат сите елементи на системот. Така се отвори додатен простор за развој на автоматизацијата, бидејќи останатите елементи на системот кои би требало да реагираат на притисокот за реализација, ги исцрпија своите ресурси. Човечкиот фактор е дојден на својата горна граница во можностите за анализа на влезна величина и адекватна реакција во решавање на оперативните проблеми. Контролорите на летање дојдени се на својата горна граница на бројот на воздухопловите според волуменот на просторот и според единица време. Продолжувањето на притисокот за зголемување на оптоварувањето станува неможно.

Автоматизацијата го заменува човекот во процесот на контролата на воздухопловот, но истовремено како во помал обем да создава нови задачи кои се наметнуваат како предмет на изучување. Бидејќи не е можно во целост да се оствари автоматизација над контролата на сообраќајот, автоматизацијата е помошно средство на оперативниот извршител. Тој мора додатно да се ангажира во текот на прием на контролата на автоматизираните делови на процесот, што го зголемува оптоварувањето и не придонасува за намалување на бројот на извршители. Зголемувањето на учеството на автоматизацијата во контролата на воздушниот сообраќај резултира со капацитет на системот, но во исто време го зголемува и бројот на оперативците. Тоа подразбира дека не станува збор за апсолутни, туку за релативни заштеди со ангажирање на поголем број на апсолутни контролори т.е доколку опаѓа релативниот број на извршители по операција односно бројот на прелети, слетувања, полетувања и др.

Заклучок е дека автоматизацијата и човечкиот фактор делат работи во контролата и во раздвојување на воздухопловите. Уште многу години ќе чекаме човекот да преземе исклучиво контролна функција, бидејќи уште долго ќе биде во оперативна функција. Комерцијалните притисоци ќе растат и како последица ќе се бара да присуствува автоматизацијата.

За потребата на континуираниот развој на дел од техничкиот развој на системот развина е речиси целосна автоматизација. Тоа посебно се однесува на пилотската

контрола на авионот во текот на летање која во целосност е автоматизирана, освен во ненадејни и непредвидливи околности, кога пилотот во контролорна функција на автоматскиот систем на управување презема и директна оперативна контрола над леталото. Така, место порано растоварените членови на екипажот, дојде до појава на нов проблем - како да се одржи потребното ниво на будност и ангажираност на пилотот особено на интерконтиненталните летови, каде ангажираноста на пилотот опаѓа поради автоматизираниот управител. Од друга страна, во центрите за контрола на летање автоматизацијата не го достигнала тоа ниво, контролорите на летање се непрекинато во оперативна функција, а паралелно и контролните органи работат делумно на автоматизираниот систем.

Од податоците на IATA⁶, 80% од несреќите на воздухопловите може да се препишат на човечкиот фактор и грешки. За да се намали ефектот на човечката грешка се оди во правец на голем процент на автоматизацијата. Бидејќи човекот е потенцијално слаба алка во синџирот на настаните воздухопловни несреќи (Boeing⁷ 1993), со зголемување на уделот на автоматизацијата во пилотските задачи и во задачите на контролорот на летање ќе се намали учеството на човечките грешки.

Придружните ефекти на автоматизацијата се неизбежни. Тие се: зголемување на трошоците што се директно и индиректно поврзани за автоматизацијата, промена на односот на човечкиот фактор во оперативната работа условена со автоматизацијата, која како последица ја има неопходноста од развој на нови човек-машина интерфејс и др.

1.2. Научни хипотези

Земајќи предвид дека за европскиот воздушен сообраќај одредувањето на рутите се наоѓа во заедничкиот центар во Европската организација за безбедност во воздушната пловидба (во натамошниот текст ЕУРОКОНТРОЛ⁸) во Брисел, треба да се истражуваат и други можности за зголемување на капацитетот и економичност на воздушниот сообраќај на глобален план.

⁶ IATA - International Air Transport Association

⁷ BOEING - Производител на воздухоплови

⁸ EUROCONTROL - European Organization for the safety of air navigation

Главната научна хипотеза на ова истражување гласи: со соодветен управувачки апарат или со еластично и слободно водење на сообраќајот можно е да се регулира намалувањето или прекинувањето на појавата на доцнења во авиосообраќајот.

Посебните научни хипотези се:

1. Креирањето на нова мрежа на воздушни патеки ќе претставува основа за автоматско раздвојување на воздухоплови
2. Новата мрежа ќе го прилагоди сообраќајот со автоматизирано раздвојување во фазата на одржување на правецот.

1.3. Предмет и цели на истражувањето

Во последните неколку децении, постигнати се големи успеси во интеграција на напредната автоматизација во воздухопловните системи. Тоа помогна превозот на луѓето и стоките да го достигне историскиот максимум и натаму продолжува да расте квантитативно и да ја подобрува безбедноста на авиосообраќајот. Како и да е, автоматизацијата во воздухопловството, а пред сè во управувањето со воздухопловите и нивната контрола, е сè уште најважен предмет на истражување, бидејќи дава најголем простор за зголемување на обемот и подобрување на безбедноста во авиосообраќајот во иднина.

Раздвојувањето во воздушниот сообраќај зависи од работата на тие што обезбедуваат контрола на воздушниот сообраќај. Илјадници контролори на воздушниот сообраќај имаат задача тактички да го организираат и раздвојат воздушниот сообраќај. Ограничувањето на човечкиот фактор во извршувањето на оваа задача, претставува, исто така, ограничување на бројот на воздухоплови кои имаат дозвола да го користат истиот воздушен простор во иста временска рамка.

Според тоа, дефиниран е **предметот на истражување**: да се истражат и утврдат можните чинители за зголемување на капацитетот на протокот на воздушниот сообраќај и економичноста на истиот.

Цел на истражувањето е реализирање (креирање) на нова мрежа на воздушни патеки со којашто ќе се зголеми капацитетот на просторот и вкупната економичност на летовите во цивилното воздухопловство.

На овој начин ќе се стабилизира протокот на цивилниот воздушен сообраќај со исто ниво на безбедност.

Зголемувањето на капацитетот ќе се докаже со симулација на сообраќајот. Ако симулацијата покаже дека капацитетот е зголемен, тогаш целта е постигната.

Целта, поврзана со економичноста, би била постигната со постигнување на поединечни потцели:

1. Можност за избор на оптимална висина во секој момент;
2. Можност за избор на оптимална брзина во секој момент;
3. Можност за избор на оптимална рута во секој момент.

Докажувањето на поедините потцели ќе се изврши со симулација на соодветниот модел на сообраќај.

1.4. Оценка на досегашните истражувања

Во досегашната научна практика се појавија неколку програми за истражување на слободното летање, како и на автоматското раздвојување на воздухопловите во рутната фаза на летот. Позначајни во Европа се „Free Route Airspace Program“ (во натамошниот текст FRAP,⁹ и во Северна Америка „Free Flight Program“¹⁰. Европската програма ги опфати достигнувањата на американската програма и ја унапреди со нови решенија, кои опфаќаат процедури за заобиколување на привремено зафатените простори (Temporary Segregated Areas – TSAs), и кај дополнувањето на планот на летање каде што се предвидува можноста за вклучување на дел на рутата која се одвива по принципот на слободниот лет.

1. „Free Route Airspace Program“

Цивилната и воената управа за контрола на летање на Белгија, Данска, Финска, Германија, Луксембург, Холандија и Шведска во соработка со Еуроконтрол спроведоа студија за применливост и испитување на практичните аспекти на имплементација на

⁹ Free Route Airspace Program достапен на Official web eurocontrol.int, page; <http://www.eurocontrol.int>

¹⁰ http://www.caasd.org/flight_object_concept/related/ffmod.pdf

концептот на просторот за слободен лет (Free Route Airspace Concept) во рамките на својот воздушен простор за да им овозможат на корисниците да планираат и користат поекономични рути преку тој простор. До влегувањето во овој посебен простор и по неговото напуштање, би се користеле досегашните правила на летање по фиксната мрежа на воздушните патеки.

„Free Route Airspace Program“ е концепт во кој постојаната мрежа на патеки е отстранета во горниот воздушен простор на овие Европски земји. „Free Route Airspace“ (FRA) е знак за простор кој се дефинира како специфичен простор во којшто корисниците слободно ги планираат своите рути меѓу нивните влезни и излезни точки без оглед на конвенционалната мрежа на воздушните патеки. Овој простор на летање ќе биде набљудуван од страна на контролата на летање.

Надвор од FRA (висински - под или географски - вон), воздухопловите ќе продолжат да ја користат конвенционалната мрежа на патеки. Тие ќе влегуваат во FRA и ќе излегуваат од неа во влезно-излезните точки кои се дел од конвенционалната мрежа на патеки.

Планираните рути ќе бидат дел од пополнетиот план на летање, според постојните процедури, и ќе содржат и непосредни и постојни рути.

Според горенаведеното, летот ќе се состои од дел на летот во конвенционалната мрежа на овие патеки и од делот на директниот лет. За време на целиот лет, сметајќи го и делот на директниот лет, воздухопловот останува под контрола на органот за контрола на летање.

Реконфигурацијата на секторот (во и вон FRA) ќе биде неопходна кога се активира FRA. Прекуграничните сектори ќе се формираат по потреба. Секторите ќе се формираат врз база на протокот на сообраќајот без ограничувања кои ги донесува конвенционалната фиксна мрежа на воздушните патеки.

Загубите предизвикани од употребата на фиксните мрежи на воздушните патеки, конструирани под влијание на државните граници, ќе бидат редуцирани кога се активира FRA.

Истиот принцип, како во новата мрежа на воздушни правци, се појавува историски и кај поранешните обиди за имплементација на „free flight“ принципот и како таква се појавува и кај EUROCONTROL Free Route Airspace Program. Од описот на

оваа програма, покрај директниот правец, можат да се најдат и елементи на еластичниот правец.

Од следниот цитат се воочуваат овие два елементи: на воздухопловот ќе му биде овозможено да лета директно по „големиот круг“ од влезните точки на FRA до излезните точки на FRA, заобиколувајќи ги ограничените зони ако се активирани. Алтернативните стандардни рути ќе бидат користени поради метеоролошки и други причини: *„An aircraft will be able to fly a direct (great circle) route from an FRA entry point to an exit point, subject to the need to avoid areas of restricted airspace. Alternatively, a non-direct route may be chosen for meteorological or other reasons“*¹¹.

Од ова може да се заклучи дека како локално решение, Free Route Airspace е компатибилен со новата мрежа на воздушни правци и може да се користи како нареден чекор во однос на новата мрежа на воздушни правци која има глобален карактер и претставува системско решение за целиот свет. Новата мрежа на воздушните правци дава понапредни решенија, бидејќи има нови и интегрирани решенија во внатрешната структура, која овозможува значително намалување на минимумот за раздвојување, а со тоа и зголемување на капацитетите на воздушниот простор. Free Route Airspace program донесува само заштеда по основа на пократките рути, но задржувајќи ги конвенционалните минимума за раздвојување - не го зголемува капацитетот на воздушниот простор.

Принципот на слободниот лет во FRA се однесува на изборот на најкраткото растојание од влезната точка до излезната точка од зоната, додека воздухопловот останува под конвенционалната контрола на органот за контрола на летање. Новата мрежа на воздушните правци со својата структура овозможува не само директна рута, туку и автоматско (само)раздвојување на воздухопловот од останатите воздухоплови во своите директни рути.

¹¹EUROCONTROL „Cost-Benefit Analysis of Free Route Airspace - Final Report“, Nick McFarlane and Philip Church, Helios Technology 14 February 2002, P147D012.

2. „Free Flight Program“

Врз основа на барањето на Конгресот на Соединетите Американски Држави, Надлежниот орган за финансиска одговорност при американската влада (The U.S. Government Accountability Office GAO) треба да ги разгледа следните општи можности:

- Статусот на Сојузна воздухопловна власт (Federal Aviation Authority FAA) за напорот за спроведување на слободниот лет, вклучувајќи ги и планираните оперативни демонстрации (позната како Flight 2000) а сега се нарекува слободен лет (Free Flight) за Оперативно Подобрување на Програмата, и
- Сојузната воздухопловна власт (FAA) и воздухопловната заедница треба да одговори на предизвиците со спроведување на слободни летови за да ја ублажи континуираниот раст на цената на нафта.

Слободниот лет (Free flight) е концепт која ја одразува оперативната средина и на корисниците на воздушниот простор им се дава поголема слобода во планирањето на оперативните летови со цел да се намалат нивните оперативни трошоци и подобрување на безбедносните капацитети на системот на националниот воздушен простор (National Airspace System - NAS) во Соединетите Американски Држави (USA) . За развивање на овој проект, Сојузната воздухопловна власт (FAA) испланира реализација на три фази:

- Слободен Лет 1 Фаза (Free Flight Phase 1 FFP1) е извршна програма за забрзување на третманот на можноста со ниска ризичност, акцент на висока добивка во одредени локации, како прв чекор во исполнувањето на поимот на Слободен лет (Free Flight).

На почетокот на 1998 година, FFP1 ќе го заврши спроведувањето на 5-те системи на контрола на летање во повеќе од 25 контролорски позиции до 2002 година.

- Слободен Лет 2 Фаза (Free Flight Phase 2 FFP2), е последователен програм на FFP1, дизајниран да ја поддржи динамичноста на FFP1и да додаде некои дополнителни можности во Сојузна контрола на летање на САД.

Некои можности на FFP1 ќе се прошират во географски основ и нови можности ќе се дислоцираат. Како нова можност видно ќе биде навигациската комуникација контролор-пилот (Controller-Pilot Data Link Communication CPDLC).

Спроведувањето на оваа фаза се равива во период од 2003 до 2007 година.

- Безбеден Лет 21 (Safe Flight 21), е вид на извршна програма на Слободен лет (FAA Free Flight), кој ја реализира напредната комуникација, навигација и можност за набљудување на сигурноста и подобрувањето на капацитетот во системите.

Основното спроведување се базира во напредната автоматска технологија за Safe Flight 2, и активностите на автоматскиот независен надзорник – објавување (Automatic Dependent Surveillance – Broadcast ADS-B), како и направата во воздухопловот наречена Пилотска Кабина за приказ на информации (Cockpit Display of Traffic Information CDTI).

Спроведувањето на оваа фаза се равива во период од 2008 до 2015 година.

Надлежниот орган за финансиска одговорност при американската влада (GAO) изјави дека FAA ќе треба да обезбеди ефективно лидерство и управување со напорите за модернизација како внатре така и надвор од агенцијата.

Потребата на FAA за развивање на плановите за спроведување на слободен лет, вклучувајќи ги и воспоставувањата на јасни цели за тоа што има намера да се постигне и развој на мерките за следење на напредокот на модернизација и слободен лет.

FAA и засегнатите страни се согласија дека треба да се решат нерешени прашања поврзани со развојот на технологијата и распоредување. FAA и засегнатите страни, исто така, идентификуваа голем број на други предизвици, каде ќе биде потребно вниманието на агенцијата, вклучувајќи модернизација, координирање на FAA и слободен лет.

Преговорите на FAA со меѓународната заедница за интегрирање на различни технологии кои ќе се користат под операциите слободен лет еден со друг, како и во системот на контролата на воздушниот сообраќај.

Со горенаведените истражувања се докажува дека напредокот на слободен лет е од една точка во друга точка во определени географски сектори, каде нивна основна цел е раздвојување на воздухопловите.

Основната цел на овој научен труд е **новите мрежи на воздушни патеки**, кои служат за поставување на глобална мрежа на воздушните правци која ќе одговара за автоматско раздвојување, каде по опширно е образложено и во Глава 4 и Глава 5 со математички модели и симулации.

1.5. Научни методи на истражување

При изработката на докторската дисертација се користеа следните научни методи:

- Метод на анализа и синтеза – преглед на досегашната практика во полето на дизајнот на мрежа на воздушните правци;
- Метод на моделирање – концептуална изработка на тековниот модел во досегашната практика и модел на нова мрежа на воздушни правци;
- Метод на експеримент- симулација комбинирана во вистинско време на сообраќај на стариот и новиот модел.
- Компаративен метод на истражување – параметарски тест за мерење на статистичките вредносни разлики на поединечни резултати, пред и по примената на новиот систем на воздушните правци.

1.6 Структура на трудот

Дисертацијата се состои од неколку целини коишто се организирани на следниот начин:

Во **првиот дел** се воведните напомнувања (согледувања) во врска со истражуваниот проблем, научната хипотеза, целите и оцената на досегашните истражувања. Во овој дел е вклучен и преглед на досегашните резултати како и елементите на истражувањата: научните методи и научниот и практичниот придонес.

Во **вториот дел** на дисертацијата прикажан е историјатот и основите на развојот на системите на воздушните правци.

Во **третиот дел** објаснета е глобалната мрежа на воздушните правци и проблемот со капацитет на воздушниот простор, загубите што се поврзани со сегашните решенија.

Во **четвртиот дел** прикажано е научното истражување - креирање на новиот систем на воздушни правци со техничките детали.

Во **петиот дел** прикажани се резултатите на научниот труд, нивната анализа и дискусија.

Во *шестиот дел* прикажани се општите заклучоци, научниот и практичниот придонес, ограничувањата и препораките за идни истражувања.

На крајот даден е списокот на референтна литература што е користена и цитирана во текот на изработката на дисертацијата и прилозите на дисертацијата.

1.7 Научен и практичен придонес

Пристапот кон проблематиката на конкретната примена на новите воздушни патишта во светски рамки овозможува нова рамка за неопходно планирање и водење на воздушниот сообраќај и капацитетите на истиот со помали трошоци од корисниците на истиот.

Теоретскиот придонес се огледа во збогатување и изучување на теоретската материја за подобрување на условите во цивилното воздухопловство;

Практичниот придонес се однесува на конкретно зголемување на капацитетот во воздушниот простор и економичност во цивилното воздухопловство.

Примената на резултатите на ова научно истражување е можна при изработка на нови глобални мрежи на воздушни правци, кои ќе доведат до зголемување на капацитетот на воздушните правци и ќе придонесат за зголемување на економичноста во цивилното летање.

Примената на резултатите ќе биде можна и во регионални услови, односно кај индивидуални држави кои имаат доволно голем воздушен простор, каде таквата примена може да даде резултати. Во овој случај, новата мрежа би имала примена со претходната мрежа, а промените ќе се воочат внатре во воздушниот сообраќај, каде новата мрежа на воздушни правци е применета. Притоа, неопходно ќе биде да се изврши прилагодување со меѓународните регулаторни тела и потпишување на билатерални и мултилатерални договори меѓу државите членки.

ГЛАВА 2

2. ИСТОРИЈАТ И ОСНОВИ НА РАЗВОЈОТ НА СИСТЕМИТЕ НА ВОЗДУШНИ ПРАВЦИ

2.1 Анализа на постоечките концепти и програми на контролната автоматизација и раздвојување на воздухопловите во фаза на рутниот лет

2.1.1. EUROCONTROL програма – FRAC *RND*SG

2.1.2. СЛОБОДЕН ЛЕТ ВО ЗОНА НА МЕДИТЕРАНОТ (Mediterranean Free Flight – MFF)

2.1.3. СУПЕР ПАТ (Super Highway-SH)

2. ИСТОРИЈАТ И ОСНОВИ НА РАЗВОЈОТ НА СИСТЕМИТЕ НА ВОЗДУШНИ ПРАВЦИ

2.1 Анализа на постоечките концепти и програми на контролната автоматизација и раздвојување на воздухопловите во фаза на рутниот лет

Анализата на постоечките концепти и програми на летови, по правилата на инструменталните летови (Instrumental Flight Rules - IFR) во комерцијалната авијација се базира на директните летови од аеродромот на полетување до одредената дестинација.

Досегашните истражувања кои ги опфаќаат трите релевантни програми на слободно летање кои се поведени на иницијатива на EUROCONTROL, и кои се спроведени со почитување на научни постулати за развој на иновативни проекти за практична примена. Сите имаат комплетна документација која ѝ е достапна на стручната јавност и која содржи планска документација, упатства на реализација, забелешки во врска со симулациите и пробите во реалниот сообраќај, заклучоци и препораки за идни истражувања, развој и практични примени на принципите на слободното летање.

2.1.1. EUROCONTROL програма – FRAC RNDSG

Ова е концепт кој е претставен во мај 2010 година, Брисел, на 70-от состанок на Подгрупата за развој на воздухопловните патеки (*Route Network Development Sub-Group* - RNDSG) за развој на мрежите.

Програмата на слободно летање, развиена во FRAC RNDSG е базирана на идејата дека сообраќајот во иднина ќе се планира на друг начин во однос на сегашниот план на летање која е поврзана за фиксната мрежа на воздушните правци во правците на слободното избирање на траектории на летање за секој поединечен лет.

Програмата е во развој и ѝ претходи долг пат до крајните технички решенија, макар и да е планирана како програма која ќе биде во непрекинат развој, иако програмата е основа на индивидуална иницијатива на Функционален воздушен простор (Functional Airspace Block – FAB), се вклопува во главната цел за развојот на европската воздушна мрежа на воздушните патеки.

Дефинирана е како Напреден раздел на воздушниот простор (Advanced Airspace Scheme, Eurocontrol) и со Акциски план за менаџмент на воздушниот простор (Airspace Action Plan - AAP). Планот на ефикасност на воздушниот сообраќај (Flight Efficiency Plan) (бидејќи е потребно менаџментот на воздушниот простор да биде координиран на ниво на цела Европа) на минимум овозможува кохерентна можност во развојот и системската поддршка.

Но без обзир на нивото на развој на програмата, нема да има можност за автоматизирана самостојност, така што сообраќајот во слободното летање ќе биде под контрола на службите на контролата на летање.

Постојат научни постигнувања, но и недостатоци на оваа програма, како во фазата на планирање, така и во фазата на развој.

Позитивните резултати и вредности на програмата се:

- Поттикнување на работа и истражување на концептот на слободно летање врз развојот на соодветните стратегии;
- Мултифункционални и мултисекторски пристап кој е голем придонес на неопходниот развој, и подобра соработка на прашање на контролата на авиосообраќајот во иднина и планирање на проширување на системот за контрола на летање во Европа.

Недостатоци на програмата се:

- Не е дефинирана крајната цел на програмата, што напредокот на програмата ги прави невидливи и немерливи;
- Исклучиво регионалниот концепт, базиран на структурата на воздушните патишта, како иста и единствена мрежа која е ограничена со можностите на користење на други регионални мрежи;
- За мал дел на рутното летање е овозможено слободно летање, поточно кај интерконтиненталните летови. Пример: летот Њујорк – Дубаи, можноста на летот во слободен режим би изнесувала само 5% на рутата;
- Ограничени временски активносни рамки во текот на денот;
- Предвиден е притисок на програмата на единицата на контролата на летање и нивните сектори, каде ќе резултира со намален капацитет на сектори место да ги подобри;

- Раздвојувањето на сообраќајот останува предмет на контролата на летање не овозможувајќи подобрување на самостојноста за раздвојување која ќе придонесе за идна целокупна автоматизација на оваа функција на контролата на летање;
- Програмата бара посебна структура на воздушниот простор, некомпатибилна со постоечката структура;
- Постојење на влезните и излезните точки во и низ секој Област на контрола на летање/Област на информации за горниот воздушен простор (Flight Information Region/Upper flight information region FIR/UIR) значи дека не се постигнува регионално исправување на воздушните правци, така што самите се исправуваат на рамките на поединечните единици на контролата на летање што овозможува контрола на воздушните правци од страна на поединечни држави членки, посветена на подобрување на комерцијалниот успех и положбата во регионална рамка;
- Примена на поединечни регулативи на земјите членки над нивната територија место заедничка што смета за хомогенизирање на програмата;
- Нема решение на флексибилност коешто би го компенzirало делумното затворање на просторот од лошо време, воени операции, политички кризи итн.;
- Во недостаток на стабилна матрица на воздушните правци, планираните летови не може однапред да се извршуваат; ќе биде активна улогата на екипажот на авионот во согласност на дневната ситуација, така што слободниот лет не може однапред да се планира само се врши во делот на летот и ако се создадат услови на основ на променливи услови на секој час во текот на денот);
- Задржувањето на секторот за контрола на летање како основна организациска единица на оперативната работа на единицата на контрола на летање го оневозможува слободното летање и го ориентира на координиран лет со елементи на слободен лет;
- Со постоењето на проблемот на капацитетот кај многуте кои даваат услуги на контролата на летање се предизвикува недостаток на заеднички капацитет за остварување концепт на слободен лет;

- Недефинирани граници на просторот, посебно долната граница, во која е можна да се примени слободниот лет;
- Заземање на коплетниот простор на секторот оневозможува проектирање на просторот за необични и опасни ситуации, како што е јака турбуленција, временски фронт и други правни ограничувања или од физичка природа;
- Осетливоста на интеракција со воениот сообраќај и недостатокот на вградениот флексибилитет на активирањето на привремено на зафатените зони.

2.1.2. СЛОБОДЕН ЛЕТ ВО ЗОНА НА МЕДИТЕРАНОТ (Mediterranean Free Flight – MFF)

Програмата „Слободен лет во зона на Медитеранот“ (Mediterranean Free Flight – MFF)¹² во времетраење од 5 години ја започна италијанската државна власт, давател на услуги на контрола на летање ENAV, со цел за истражување на технички и оперативни можности на слободен лет во воздушниот простор над Медитеранот.

Оваа предоперативна програма имаше цел дефинирање, тестирање и валидност на примената на слободниот лет и на одговорните процедури во издвоената зона на Медитеранот, именувана како Зона на слободно летање.

Покрај целите на истражувања како што се подобрување на Комуникации, Навигација, Надзор/Менаџмент на воздушниот сообраќај (Communications, Navigation, Surveillance/Air Traffic Management - CNS/ATM) технологијата и примена на земните и на авионските системи, како и користење на најновите технологии, програмата претставува обид да се одредат и проверат новите оперативни процедури за слободно летање и да се развијат упатства за слободен лет во релевантните делови на воздушниот простор

Програмата ја опфати валидноста и аспектот на оперативната напредна безбедност.

Позитивните остварувања се придонес за локалните корисници на воздушниот простор да се решат некои оперативни проблеми во контролата на сообраќајот во зоната меѓу Европа и Северна Африка над делот на Медитеранското море.

Недостатоците се огледаат во:

¹² Carlier, S., De Lepinay, I., and Smith, J., Mediterranean Free Flight, EEC Technical/Scientific Report No. 2004-012, April, 2004, Paris

- Исклучиво локалното значење на програмата;
- Немоžност за целосна примена на процедури без помош на оперативните единици на контролата на летање;
- Недостатокот на решенија во случај на опасни и необични ситуации.

2.1.3. СУПЕР ПАТ (Super Highway - SH)

Овој проект има цел употреба на воздушниот простор за рутна фаза на летот, користејќи парови на еднонасочни воздушни правци со одговорните процедури за цивилниот и воениот сообраќај.

За користење на концептот SH, во иднина ќе биде клучен односот на позитивните достигнувања во однос на негативните. Во тек е развојот, така што анализата е ограничена на досегашните резултати.

Предностите на проектот се прикажани како што следува:

- Сообраќајот има помалку задоцнувања на рути во однос на истиот сообраќај во обем и од типот во кој ќе се одвива на конвенционалната мрежа на воздушните правци (не земајќи го предвид и фактот дека должината на летот е зголемена што претставува недостаток на самиот планиран лет, иако во продолженото временско летање има во просек намален обем на задоцнување);
- Подобрена тактичка и планска контрола на секторот SH (доколку во исто време се оптоварени соседните сектори, додатно е зголемена поради подготовките на овие работи кои се реализираат во рамките на секторите, и му служат на сообраќајот на SH секторот);
- Подобрен е надзорот на сообраќајот во секторот на SH (со претходната наведена напомена дека ја зголемува вкупната оптовареност на соседните сектори кои го подготвуваат сообраќајот за секторот на SH);
 - Зголемен капацитет на секторот SH (додека соседните сектори се оптоварени со додатните обврски за да се услужи SH секторот и имаат намалување на капацитетот каде ќе алоцираат на независен сообраќај);

Директни недостатоци се:

- Непостоечки автоматизиран процес на контрола и раздвојување на сообраќајот;

- Потреба од непрекината комуникација и заземање на фреквенциите на комуникациските канали без можност да се намали потребата од бројни секторски фреквенции и комуникациски канали;
- Мал капацитет на индивидуално ниво на летот;
- Процедурите на раздвојување не се разликуваат од конвенционалните процедури на раздвојување под радарски надзор;
- Сообраќајот е еднонасочен во движење по вертикала и хоризонтала, бара развој на нови процедури кои не биле применети во претходниот систем и не се компатибилни за развој на идните системи на воздушните правци;
- Неможност за приклучување на сообраќајот во хоризонталната рамнина го ограничува текот на сообраќајот;
- Неможност за користење на постојните процедури за потребите за приклучување и напуштање на SH и потребата за развој на целосно нови процедури за приклучување и напуштање на SH;
- Продолжување на времетраењето на летот од причина на комплексните процедури за користење, влез и напуштање на SH;
- Сообраќајот во SH бара предност во односот на „Сообраќај на заокруженост“, како неопходен услов
- Зголемување на нормите на раздвојување во однос на конвенционалното радарско раздвојување од 5NM во хоризонтална рамнина и 1000 ft во вертикална рамнина на трансверзално раздвојување ја менуваат патеката на ист правец од 5NM, трансверзално раздвојување на патеки во спротивен правец од 10NM и лонгитудинално раздвојување во една патека од 8NM, која како последица има зголемување на потребниот простор во однос на претходниот систем на конвенционалните правци за ист обем на зададениот сообраќај;
- Неопходен услов за примена на SH концептот е Воздушното разделување со безбедносен систем (Airborne Separation Assurance System - ASAS), кој сè уште не е развиен. Поради отежнатиот развој на ASAS , не се очекува целосна примена во блиска иднина;
- Ефикасноста на SH е мала, бидејќи процедурите за вкрстување на сообраќајот е недоволно развиен;

- Зголемен е бројот на конфликти меѓу излез-излез сообраќајот и влез-излез сообраќајот;
- Недостатокот на истражување поврзано со невообичаените и опасни ситуации како што се турбуленциите и другите метеоролошки појави и пречки, загуба на RVSM капацитет, резултира во недостаток на одговорни процедури, а со тоа и неможност за проценка на ефектот на овие појави и случки од контролата и раздвојување на сообраќајот. Наведените истражувања се предвидени за идните фази на развој на концептот SH.

Дискусија и заклучоци

Програмата на слободно летање, базирана на развитокот на FRAC RNDSDG е со идеја дека сообраќајот во иднина ќе се планира на друг начин во однос на сегашниот план на летање којшто е поврзан за фиксната мрежа на воздушните правци.

Исто така, цел за истражување се технички и оперативни можности на слободен лет во воздушниот простор над Медитеранот, каде оваа предоперативна програма имаше цел, дефинирање, тестирање и валидност на примената на слободниот лет и на одговорните процедури во издвоената зона на Медитеранот, именувана како Зона на слободно летање.

За користење на концептот SH во иднина ќе биде клучен односот на позитивните достигнувања во однос на негативните. Во тек е развој, така што анализата е ограничена на досегашните резултати. Предностите на проектот се: сообраќајот има помалку задоцнувања на рути, подобрена татквичка и планска контрола на секторот SH, подобрен надзор на сообраќајот на секторот SH, зголемен капацитет на секторот SH. Исто така, има и директни недостатоци кои се набројани погоре во текстот како: мал капацитет на индивидуално ниво на летот, непостоечки автоматизиран процес на контрола и раздвојување на сообраќајот, неможноста за приклучување на сообраќајот во хоризонталната рамнина го ограничува текот на сообраќајот и др.

Споредувајќи го овој концепт со светската еластична мрежа за воздушниот сообраќај (World Air Traffic Elastic Network – WATEN), неговите најголеми недостатоци се што за разлика од WATEN, не успева да ги предвиди недостатоците кои настануваат како последица на принуденост да се задржи постојната организација на воздушниот простор, секторот и конвенционалните мрежи на воздушните правци, како и

осетливоста и зависноста од меѓусекторската соработка и соработката меѓу единиците на контролата на летање и одговорните здружени процедури. Исто така, оваа програма е неможна во поглед на целосно слободниот лет, задржувањето на влезните и излезните точки во секторите на контролата на летање и задржување на функциите на раздвојување на воздухопловите од страна на контролата на летање.

Во текот на целиот рутен тек или до одредената точка од планираниот лет, слободниот лет почнува до точката на планираниот лет каде во одредени сегменти се извршува по правилата на слободен лет.

Програмата за слободен лет од аеродромот на полетување до дестинација на комерцијалната авијација не е сè уште развиена. Светската еластична мрежа за воздушниот сообраќај (WATEN) нема да се осврне на досегашните искуства од овој вид, но е развиена како иновативен концепт кој ќе може делумно да вклучува искуства од досегашната програма на слободни летови од одредена точка на планираната рута до друга точка на планираната рута на летање.

ГЛАВА 3

3. Мрежа на воздушни патеки

3.1. Пресек на сегашната состојба на глобалната мрежа на воздушните патеки

3.2. Проблем на капацитетот на воздушниот простор

3.2.1. ОГРАНИЧУВАЊЕ НА КАПАЦИТЕТОТ НА ПОСТОЕЧКИТЕ МРЕЖИ НА ВОЗДУШНИТЕ ПАТИШТА

3.2.2. ФАКТОРИ НА ОГРАНИЧУВАЊЕ

3.2.2.1. Административни фактори

3.2.2.2. Политички фактори

3.2.2.3. Технички ограничувања

3.2.2.5. Ограничувања од човечки фактор

3.3. Економичност на летот

3.3.1. ВОВЕД

3.3.2. ЕКОНОМИЧНОСТ ПРИ КОРИСТЕЊЕ НА РУТИ

3.3.3. АНАЛИЗА НА ЕКОНОМИЧНОСТ ПРИ КОРИСТЕЊЕ НА РУТИ ЗА ПЕРИОД 2010-2014 ГОДИНА

3.3.4 ЕКОНОМИЧНОСТ НА ТЕРМИНАЛНИТЕ ANS ТРОШОЦИ НА ЕВРОПСКО НИВО

3.3.5. ТРЕНДОВИ НА ЕКОНОМСКА ЕКОНОМИЧНОСТ НА ЕВРОПСКО СИСТЕМСКО НИВО (2007-2011 ГОДИНА)

3.3.6. ПОДЕЛБА НА КРІ ЗА ЕКОНОМИЧНОСТ (2007-2011 ГОДИНА)

3.3.7. ЗАКЛУЧОЦИ ЗА ЕКОНОМСКИТЕ ПОКАЗАТЕЛИ

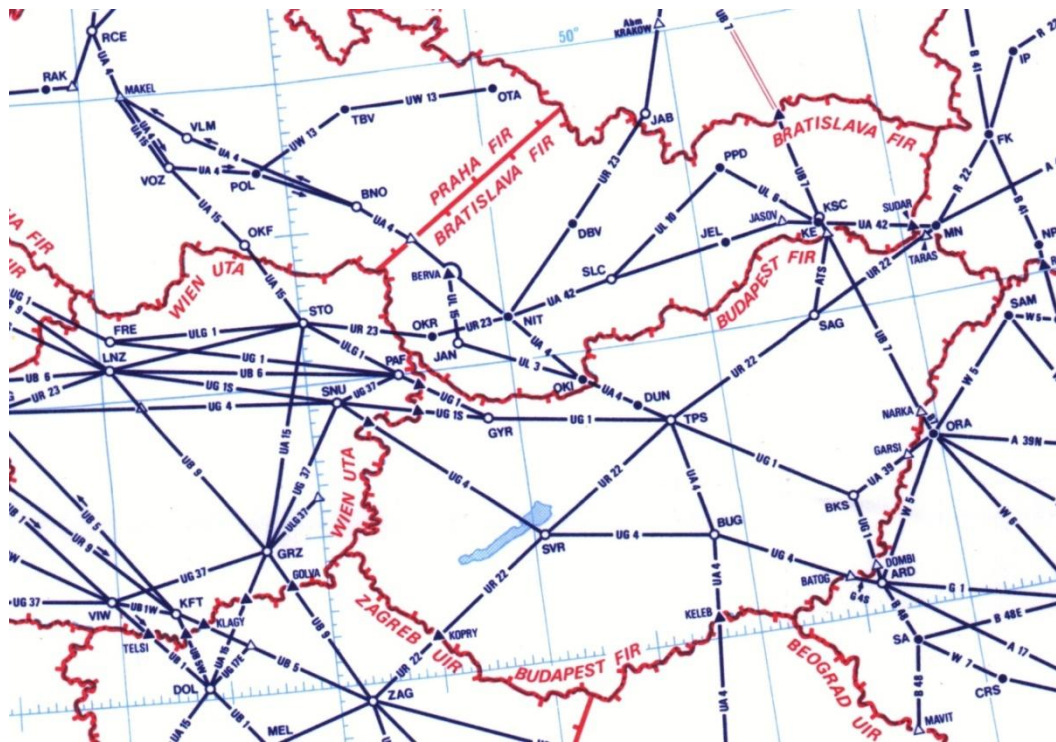
3. МРЕЖА НА ВОЗДУШНИ ПАТЕКИ

3.1. Пресек на сегашната состојба на глобалната мрежа на воздушните патеки

Глобалната мрежа на воздушните патеки е конструирана врз основа на регионалните сегменти на потребите на корисникот на воздушниот простор, од кои најпотребни им се на комерцијалните превозници и на војното воздухопловство на земјите членки. Овие два најголеми корисници на воздушниот простор би требало најзначајно да влијаат врз планирањето и користењето на воздушниот простор. Поради комерцијален интерес, во некои случаи, најважен фактор за изглед и распоред на мрежата на воздушните патеки е контролата на воздушниот сообраќај.

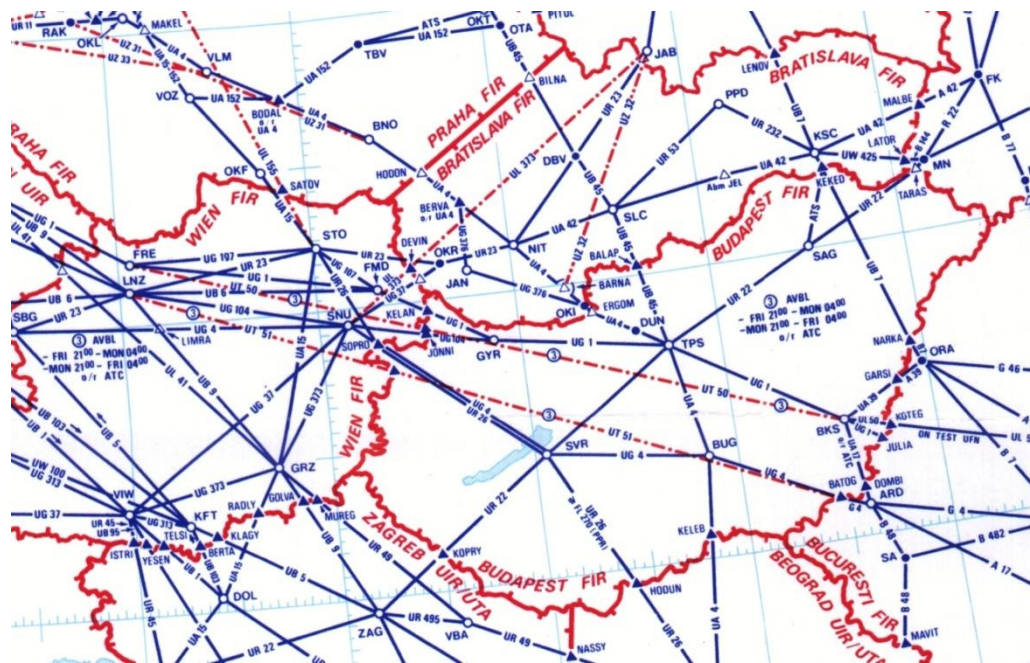
Потребите на комерцијалните превозници, во основа, формираат мрежа на воздушните патеки, бидејќи тие природно тежнеат кон остварување на директни воздушни патеки, кои како дел на големите кругови, ќе ги поврзат комерцијалните аеродроми при организирањето на контролата и раздвојувањето на воздушниот сообраќај; мора да се организираат на начин своите обврски да ги применуваат обезбедувајќи безбедност на воздушниот сообраќај. Така, за решавање на консталациите на воздушните патеки, можат да се појават како спротивен елемент на комерцијалните барања.

На пример, во случајно избрани региони од европскиот регион се забележани промени во мрежата во временски период од 1985 до 2011 година, илустрирајќи влијание на корисниците на воздушниот простор, на контролата на воздушниот сообраќај, на технологијата на контрола и раздвојување на воздушниот сообраќај, како и на политичките и комерцијалните влијанија на поедини земји членки и на комерцијални воздухопловни превозници. Во прилог на избраните региони од европскиот регион, избраните карти со воздушни патеки и нивните промени со текот на временскиот период се докажува дека во одреден период ќе има заситување на воздушните патеки и не ќе може да има капацитет за опслужување на сите воздухопловни потреби во светски размери. (Сл. 3.1 – 3.11).



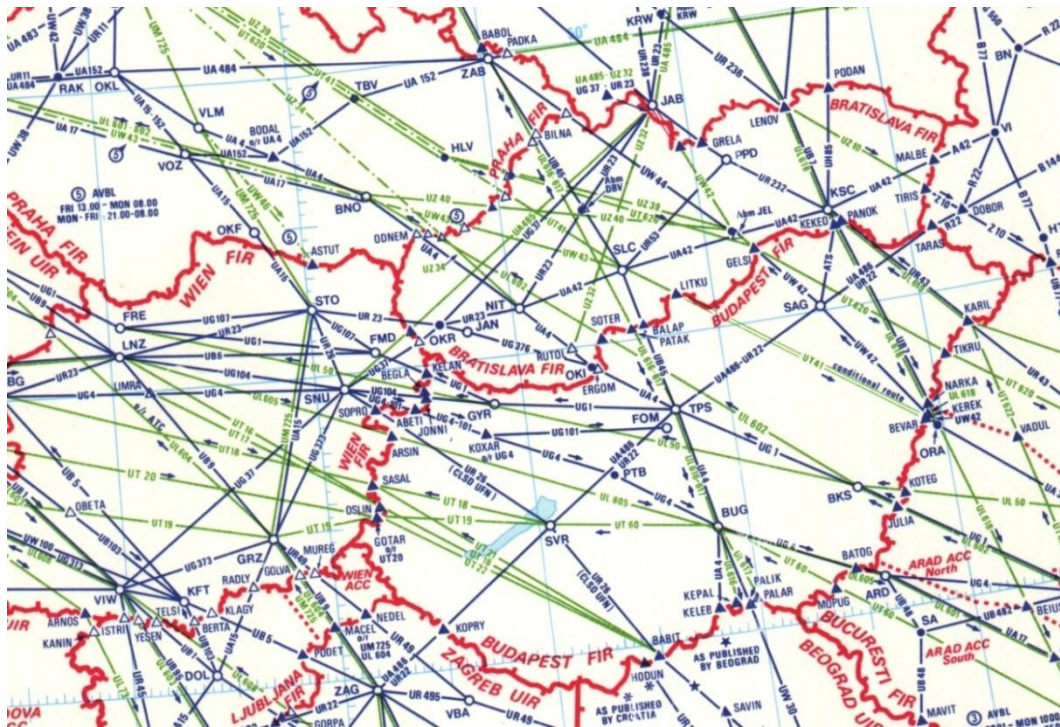
Сл. 3.1: Преглед на транзитните воздушни патеки во сегментот на Централна Европа од 1985 год.

Извор: EUROCONTROL, Network Performance, <http://www.eurocontrol.int>



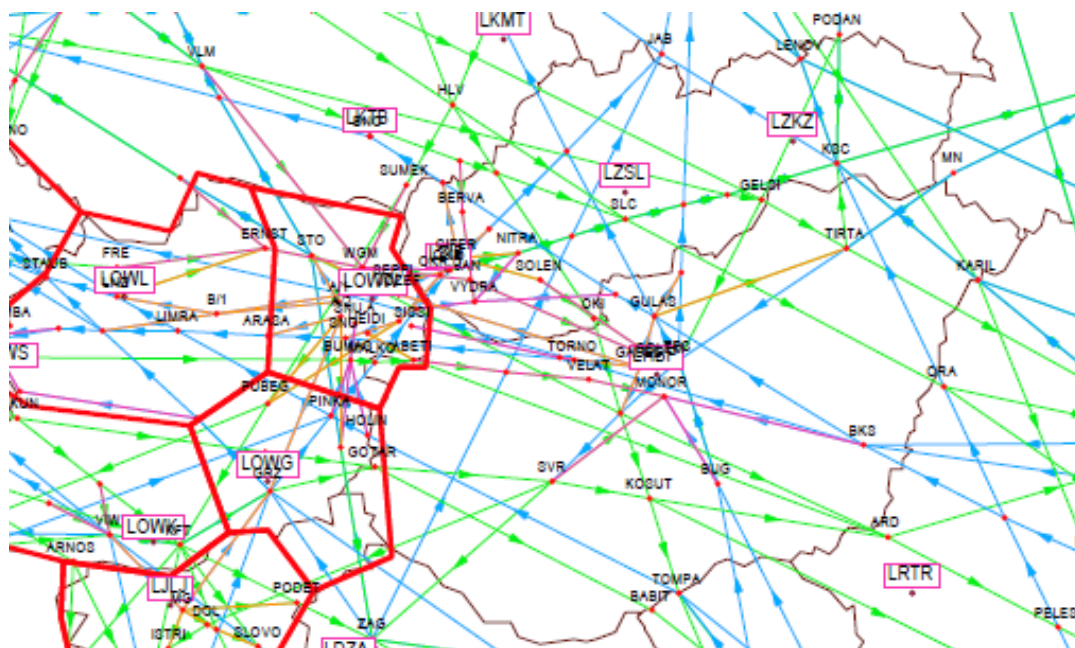
Сл. 3.2: Преглед на транзитните воздушни патеки во сегментот на Централна Европа од 1990 год.

Извор: EUROCONTROL, Network Performance, <http://www.eurocontrol.int>



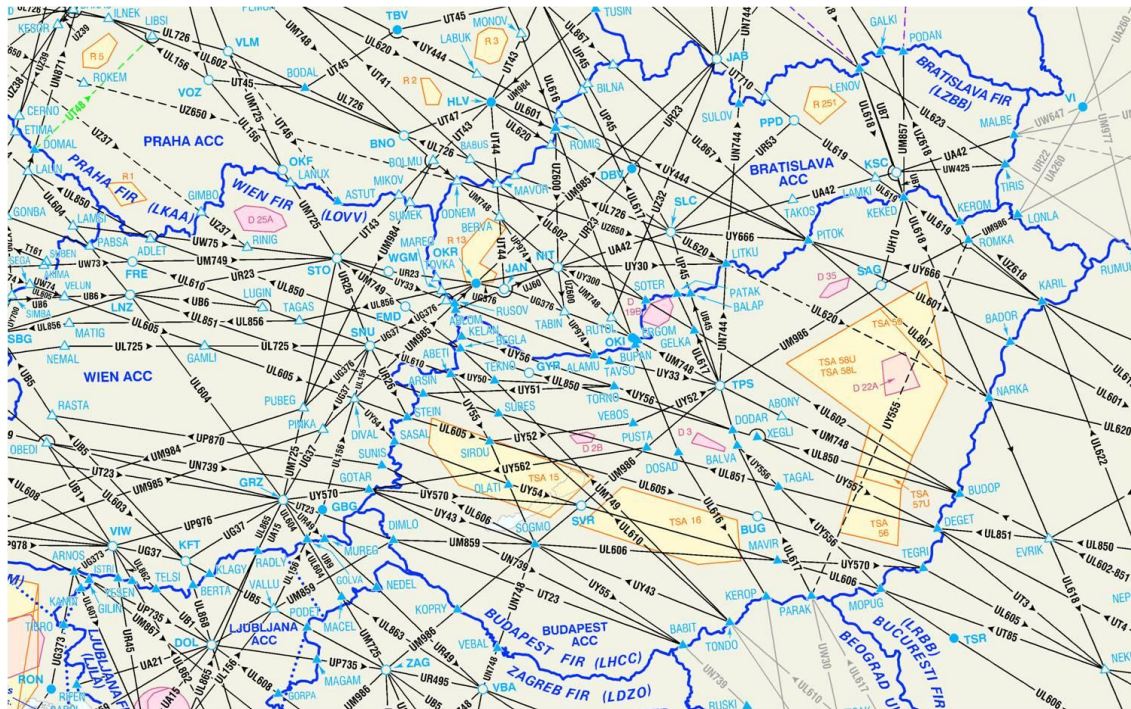
Сл. 3.3: Преглед на транзитните воздушни патеки во сегментот на Централна Европа од 1994 год.

Извор: EUROCONTROL, Network Performance, <http://www.eurocontrol.int>



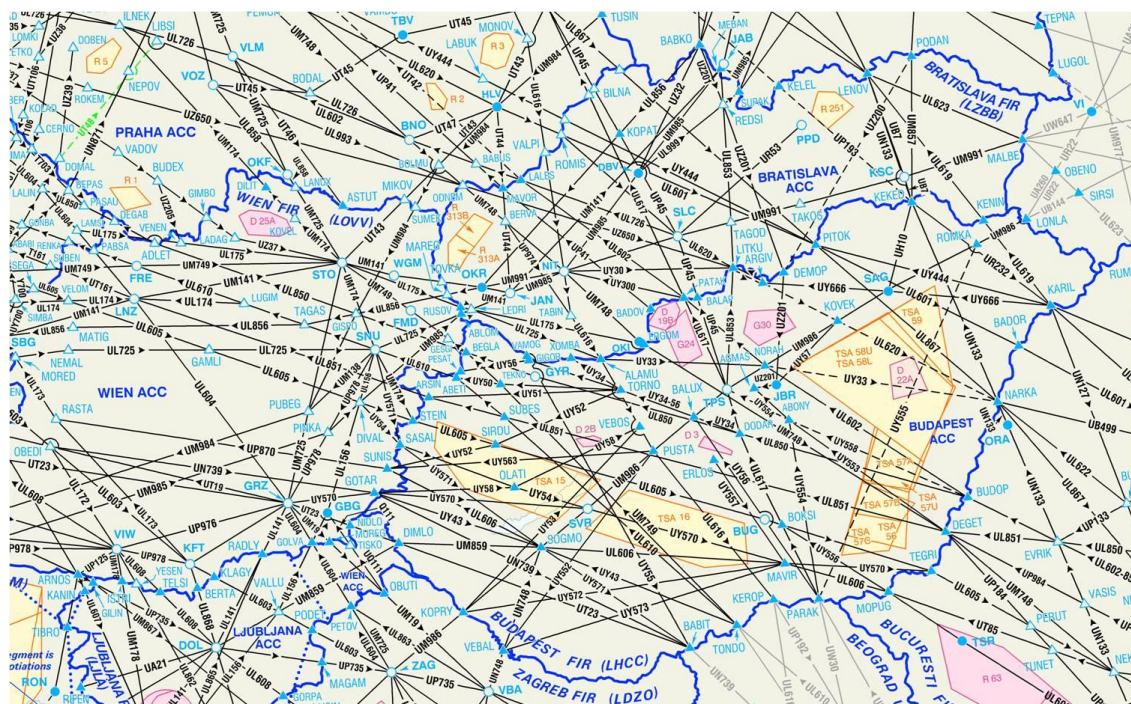
Сл. 3.4: Преглед на транзитните воздушни патеки во сегментот на Централна Европа од 1999 год.

Извор: EUROCONTROL, Network Performance, <http://www.eurocontrol.int>



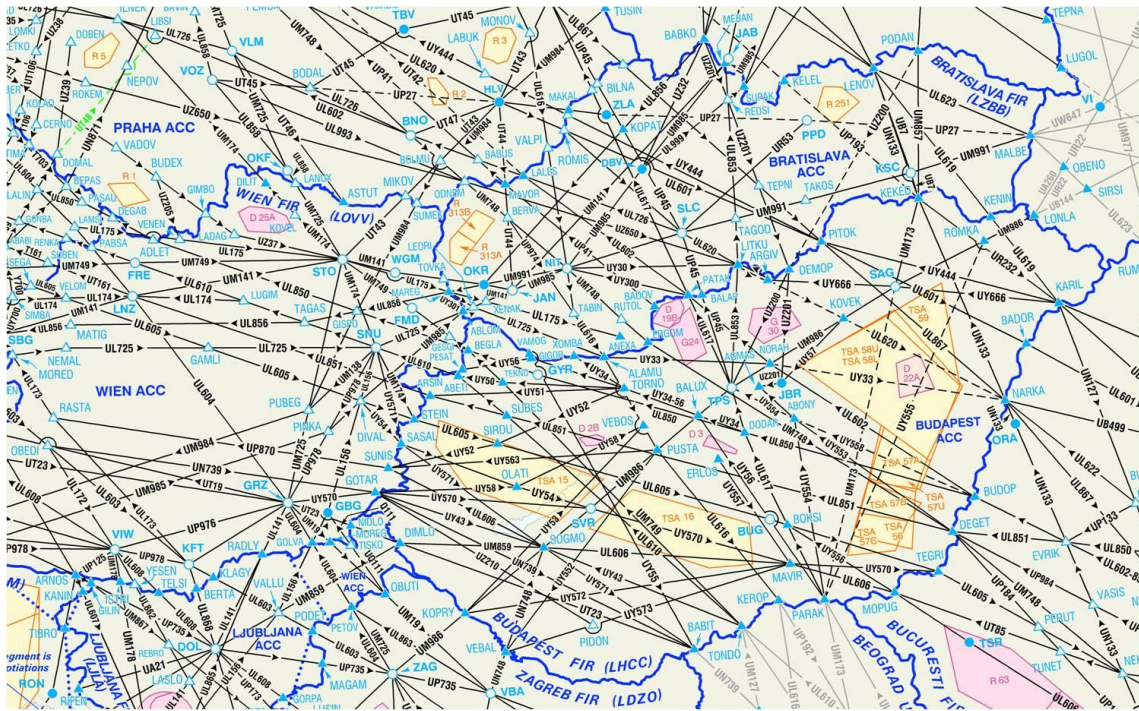
Сл. 3.5: Преглед на транзитните воздушни патеки во сегментот на Централна Европа од 2002 год.

Извор: EUROCONTROL, Network Performance, <http://www.eurocontrol.int>



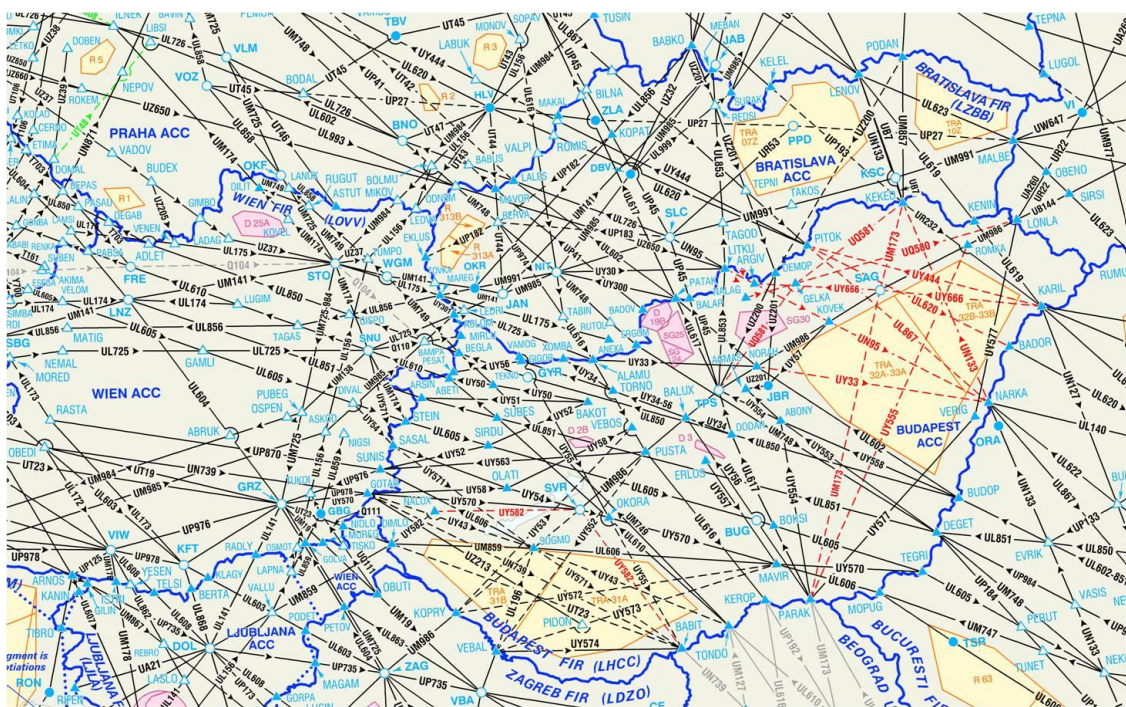
Сл. 3.6: Преглед на транзитните воздушни патеки во сегментот на Централна Европа од 2005 год.

Извор: EUROCONTROL, Network Performance, <http://www.eurocontrol.int>



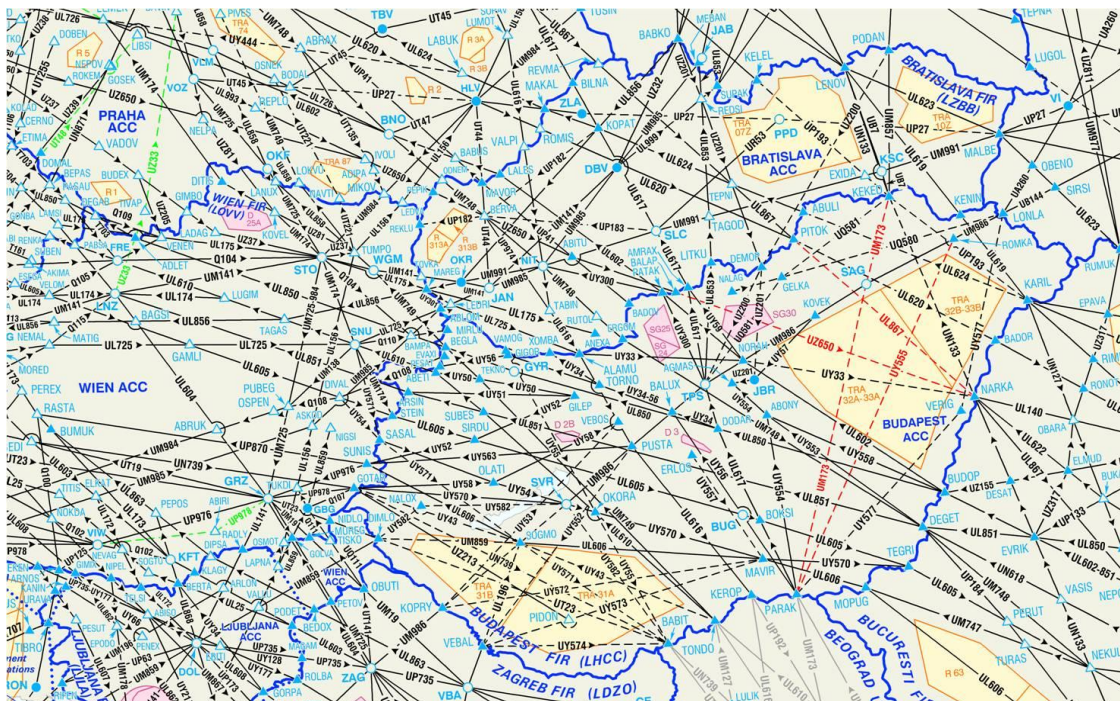
Сл. 3.7: Преглед на транзитните воздушни патеки во сегментот на Централна Европа од 2006 год.

Извор: EUROCONTROL, Network Performance, <http://www.eurocontrol.int>



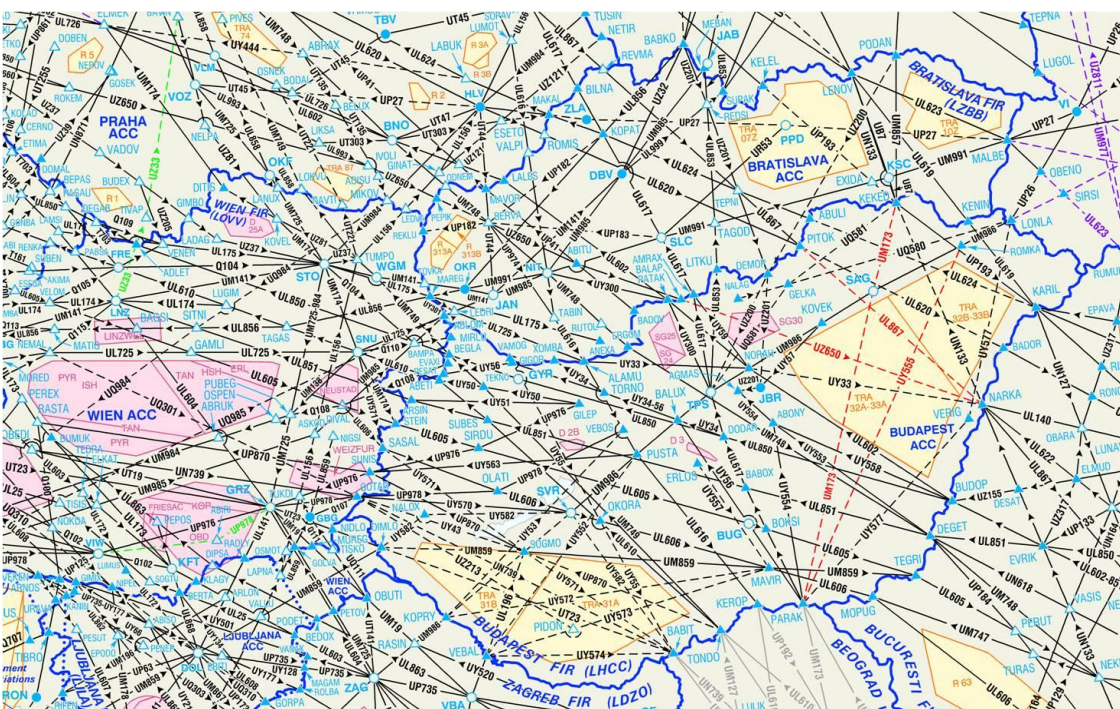
Сл. 3.8: Преглед на транзитните въздушни патеки во сегментот на Централна Европа од 2007 год.

Извор: EUROCONTROL, Network Performance, <http://www.eurocontrol.int>



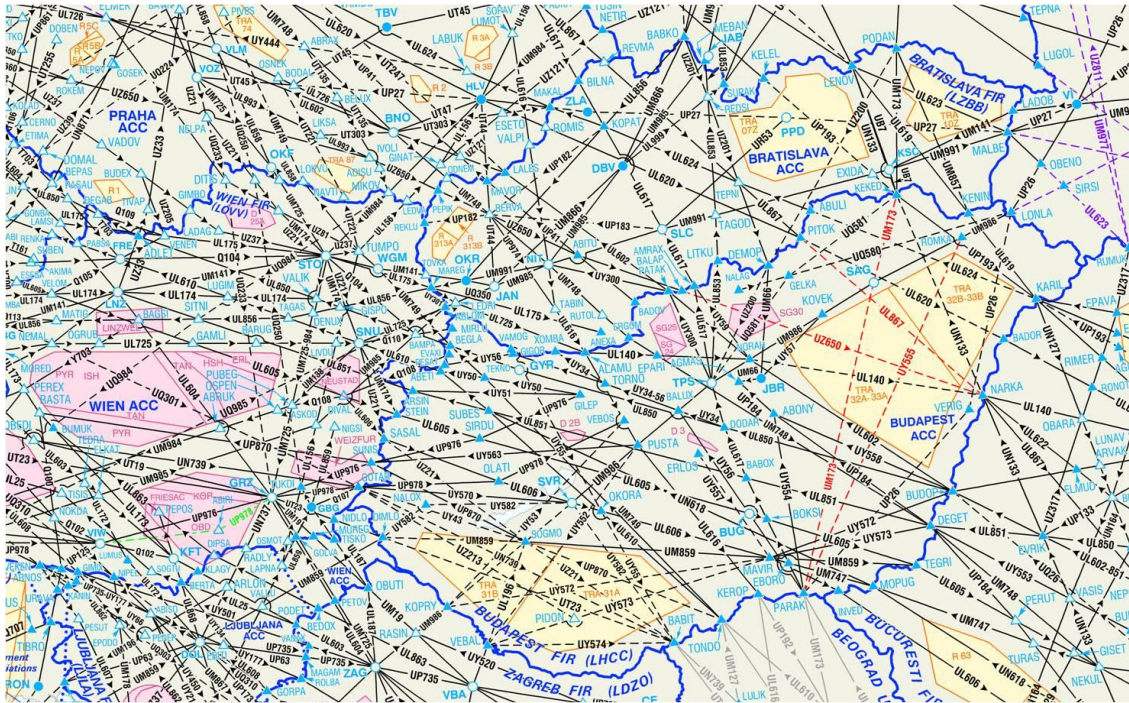
Сл. 3.9: Преглед на транзитните въздушни патеки во сегментот на Централна Европа од 2009 год.

Извор: EUROCONTROL, Network Performance, <http://www.eurocontrol.int>



Сл. 3.10: Преглед на транзитните воздушни патеки во сегментот на Централна Европа од 2010 год.

Извор: EUROCONTROL, Network Performance, <http://www.eurocontrol.int>



Сл. 3.11: Преглед на транзитни воздушни патеки во сегментот на Централна Европа од 2011 год.

Извор: EUROCONTROL, Network Performance, <http://www.eurocontrol.int>

Анализата на развојот на конвенционалната мрежа на воздушните патеки, како таа евалуира во аналитички избраниот период од 1985 до 2011 год., резултира со заклучоците:

1. Просечната густина на воздушните патеки расте со текот на годините, така што за последните 26 години е порасната од 8 насоки (во 1985 година, слика 3.1.) на потегот север-југ гранично од Унгарија до јужната граница преку навигациските точки дефинирани со VOR средства SVR, до 47, мерено под истите правци на мапата од 2011 година. Мерено според правец запад-исток, преку истите средства, се бележи пораст од 13 во 1985 година, до 46 во 2011 година. Првите резерви кои произлегоа од зголемувањето на капацитетот на воздушниот простор поттикнаа подобрувања на карактеристичните погонски групи кои овозможуваат проширување на вертикалните димензии на воздушниот простор

како последица на подобрувањето на карактеристиките на авионот коишто користат поголема висина на патеките во фаза на лет и воведувањето на намалени поделби на авионот од ниво на летот од 290 до ниво на летот 410, програма која во Европа и Северниот Атлантук е воведена во 2002 година. Од причина на преклопување на оптималните нивоа на летови, за повеќето комерцијални воздухоплови, зголемувањето на вертикалните димензии на воздушниот простор не претставува акција на конечно решение за зголемување на густината на сообраќајот со цел намалување на активната употреба на регулацијата на протокот на сообраќајот. Зголемувањето на густината на воздушните правци во хоризонтална димензија би била непотребна мерка. Следен чекор ќе биде зголемување на густината на воздушните правци во хоризонтална рамнина на помала оддалеченост од стандардното статешко раздвојување на воздушните правци во случај на нивно воспоставување. Притоа, раздвојувањето на воздухопловот во соседните воздухопловни правци се регулира како селективно, а новата густина ќе придонесе за поголема еластичност во користење на различни правци, нивни комбинации и во ист временски период приближувајќи и таква мрежа на конвенционалните воздушни правци, решение како што се еластичните воздушни правци и овозможуваат олеснителен развој на WATEN системот на воздушните коридори.

2. Просечната густина на воздушните патеки ориентирани кон исток-запад е поголема од просечната густина на воздушните патеки ориентирани кон север-југ како референтна точка, бидејќи бројот на броените правци на географската ширина од околу 500 километри е ист како на географски различни должини од околу 800 километри. Од иста причина е бројот на конекции (коридори), меѓу поголемите соседни земји членки, ако нивните граници се претежно фокусирана кон север-југ отколку исток-запад.
3. Државните граници влијаат врз густината на воздушните правци од причина што густината се зголемува со зголемувањето на оддалеченоста од државните граници; ова ја докажува комерцијалната влијателност на поедини земји и во интегрираната Европска Унија, почесто се случува во соседните држави кои не се здружени во конфедерација или други форми на меѓународните договори. Со детална студија ќе може да се докаже влијанието на поединечни сектори на

воздушниот простор на една земја, која има оперативно ограничување, како што е забраната на радарско раздвојување на одредена оддалеченост од границата на секторот, како и влијанието на секторот за намалување на капацитетот во просторот во вертикална рамнина на висините блиски на висините вертикални граници на секторот. Прилагоденоста на густината на сообраќајот кон границите во прикажаниот пример отпаѓа во времето на посматрање, поради притисокот на сообраќајот и неопходното користење на вкупниот воздушен простор во земјите членки. Очигледно е приближување кон апсолутниот капацитет на оптоварување од ограничени причини кои проектните потреби (Потреби на навигациски перформанси - Required navigation performance – RNP), стратешко раздвојување на воздушните правци во проектирањето) за воспоставување на воздушните правци;

4. Контролата и раздвојувањето на воздушниот сообраќај на пропорционален начин се зголемува со густината на мрежите во воздушните патеки и мора да се планираат на подолг период. На тој начин се зголемува бараното време од одлуката на летот до негово реализирање со распоредување на редовниот сообраќај во однос на нередовниот сообраќај, кој претставува највлијателен фактор за флексибилност на воздушниот транспорт. Предизвик на промените од карактер на планирање на воздушниот сообраќај од краткорочен на долгорочен е последица на зголемувањето на капацитетот на мрежата на воздушните правци, а намалениот капацитет на околните мрежи на воздушните патеки кој се намалува и тежнее кон нула, додека мрежата се стреми кон реализација на максимален капацитет.
5. Како последица на зголемениот капацитет на поединечните воздушни правци (подобро техничка опременост на областите и на пристапните центри на контролата на воздушниот сообраќај), намалувањето на минимум на раздвоеност на воздухопловите, го намалува еластичниот капацитет на соседните воздухопловни патеки, бидејќи тие не можат да го преземат сообраќајот во случај да настане правно ограничување или физички пречки.

Од анализите очигледно е дека развојот на конвенционалните мрежи на воздушните патеки е ограничен и максимумот е речиси постигнат.

Следниот чекор во проширувањето на капацитетот на воздушниот простор мора да се бара со решение како што е WATEN.

3.2 Проблем на капацитетот на воздушниот простор

3.2.1. ОГРАНИЧУВАЊЕ НА КАПАЦИТЕТОТ НА ПОСТОЕЧКИТЕ МРЕЖИ НА ВОЗДУШНИТЕ ПАТИШТА

Кога го опишуваме капацитетот на просторот и мрежите на воздушните патишта, треба да дефинираме две основни цели:

1. Капацитет на простор и мрежа на воздушниот правец - поставувањето на просторот се пресметува со математички методи, кои како резултат го даваат капацитетот со идеални услови користејќи геометриски модели на воздухопловите и моделите за минимум на раздвојување по фази на летот.
2. Оперативен капацитет на просторот и мрежата, кои се добиваат по пресметаните капацитети на просторот и мрежите на воздушните правци во реално време со помош на постојаните оперативни алатки, како и на човечкиот фактор (hardware; software; livewire).

Во овој труд ќе биде извршено истражување на двата вида капацитет.

Конвенционалната мрежа на воздушните правци (воздушни патишта) е ограничувачки фактор во подобрување на капацитетот на воздушниот простор. Постоечката мрежа е проектирана врз основа на мултилатералните договори (Мастришки договор)¹³ на земјите членки, во кои се застапени глобалните интереси на организациите како и парцијалниот интерес на секоја земја членка до степен што овозможува рамноправно користење на воздушниот простор за секоја членка поединечно. Тоа дава можност од процесот на контрола на комерцијаниот воздушен сообраќај секоја членка да стекне доволно средства од наплата на услугите на комерцијалните корисници и со тоа да ја издржува работата на својот систем на контрола на летање. Напомнување: овој принцип на финансирање на системот е сосема различно третиран и применет во различни земји членки и различни ICAO¹⁴

¹³ Мастришки договор (Maastricht agreement), 1972 година

¹⁴ Меѓународна организација за цивилно воздухопловство (International Civil Aviation organization)

региони, така што не може да се зборува за единствен глобален систем само на партикуларни решенија.

Во овој труд се истражуваат општи глобални модели, а таму каде што регионалните модели се разликуваат во голема мера, ќе се земе предвид регионот Европа и северен Атлантиски океан (European and North Atlantic EUR NAT) и неговото постојно решение како основа на истражувањето и математичките проценки.

Системот на конвенционалната контрола на летање е скапа за одржување и според оценката на Меѓународна асоцијација за воздушен транспорт (International Air Transport Association - IATA) претставува големо оптоварување во остварувањето на комерцијалните цели на цивилниот превоз. Најголема ставка чинат платите на вработените Централна канцеларија за прелети (Central Route Charge Office - CRCO). Затоа што конвенционалните мрежи на воздушните правци се проектирани, било тоа да е комерцијално оправдано или не, воздушните правци да бидат проектирани со поголемо растојание на геометриски облик, кој претставува облик на земјите членки. Во случај да не е така постапено, еден дел од земјите членки ќе има проблем да ја прикаже економичноста за покривање на трошоците на работата, со користење на најоптималните патеки ќе мора да ги прикажат несразмерно големите фактори на единична стапка (unit rate). Од таа причина земјите членки се согласија на компромисно решение - на кој се попушта на правците на воздушните патеки кој не е секогаш најповолен за користење, како и разликите во пресметувањето со помошните фактори на единствени пресметки.

Капацитетот на воздушниот простор се дефинира како пропуст во воздушниот простор односно на бројот на воздухоплови во единица на време. Следи дека капацитетот на воздушниот простор зависи (или е во функција) од големината на моделот на воздухопловот со вклучен минимум за раздвојување во дадена фаза на летот и на дадениот тип на воздухопловот, како и од времето на неговото задржување во тој простор. Како се зголемува времето на задржувањето на воздухопловот во измерен дел на воздушниот простор, така се намалува капацитетот на тој дел од воздушниот простор, поточно неговата пропусна способност.

Следниот фактор за намалување на капацитетот на мрежата на воздушните правци е нејзината нееластичност односно неможноста да се прилагоди на физичките и правните пречки. Конвенционалната мрежа на воздушните правци може да се

прилагоди на својата структура на опструктивни ефекти само со затворање на поединечни правци или групи на правци, при што постојниот сообраќај мора да се прераспредели на остатокот на мрежата, која врши додатен притисок врз нејзиниот капацитет. Единствена мера која може да го регулира капацитетот на оперативната мрежа е ограничување на сообраќајот со мерење на протокот на сообраќајот.

Најефикасна мерка за контрола на протокот на сообраќајот, ако тоа го дозволува вкупниот дневен, неделен, сезонски и годишен сообраќај, е во воедначување на протокот во бараните временски периоди во текот на денот, неделата, месецот, сезоната и годината. Со тоа се ограничува оперативниот капацитет на воздушниот простор со намалување на достапноста на корисниците во однос на времето на користење. Ако мерењето на протокот не е во можност да се вообличи во наведените периоди поради зголемената побарувачка од дозволената на воздушната мрежа, тогаш се применува мерка на целосен прекин на дел од сообраќајот, кој не ги исполнува условите според критериумот на приоритет за објавување на летот.

Со зголемувањето на интензитетот и траењето на правните и физичките пречки пропорционално се намалува мрежниот капацитет. Во случај на регионални ограничувања од предизвикани воени дејствија или големи природни неповолности, доаѓа до поништување на капацитетот на мрежата на воздушните правци во даден регион со влијание врз мрежниот капацитет на соседните региони. Во случај на конвенционална мрежа на воздушните правци, доведување на капацитетот на еден дел на мрежата на нула покажува значаен пад на капацитетот во соседните мрежи поради нефлексибилноста на системот, кој не може да го надомести недостатокот на поврзување на воздушните правци (интерфејс) што се прекинати со исчезнувањето на дел од мрежата.

Во случај на намален капацитет на мрежата или кога оперативниот капацитет е сведен на нула, можеме да зборуваме за исчезнување на мрежата или на нејзин дел. Ако за ова постојат правни основи, неможноста за нејзино користење на оперативно ниво, истражувањето во оваа дисертација станува ирелевантно.

3.2.2. ФАКТОРИ НА ОГРАНИЧУВАЊЕ

Покрај физичките фактори, постојат и други фактори што го ограничуваат

капацитетот на воздушниот простор. Тое се : административниот фактор, политичкиот фактор, технички фактор, оперативниот фактор и човечкиот фактор.

3.2.2.1 Административни фактори

За разлика од мрежата WATEN¹⁵, чиј администратор реагирајќи на правната и физичката пречка наоѓа решение во реално време користејќи ги нејзините особености на еластичност и флексибилност на конвенционалната мрежа на воздушните правци. Во реално време може да реагира ограничено - престанување на опслужување на сообраќајот во делот кој трпи притисок од настанатите ограничувања. По спроведување на ограничувањето на прекинување на дел од мрежата, се преминува на оперативните процедури на известување, одлучување и пренасочување на сообраќајот со капацитет кој е намален пропорционално со големината и комплексноста на делот кој е условен сообраќајот. Постојниот сообраќај во тие делови се раздвојува и се пренасочува во согласност со процедурите на необични и опасни ситуации што влијаат врз намалување на целокупниот капацитет на системот на контрола на летање. Овие процедури, изработени под претпоставка на зголемено оптоварување на контролорот на летање, причинуваат намалување на капацитетот на системот.

По спроведување на итните мерки и воспоставување на редовен сообраќај во останатите делови на мрежата, се мери капацитетот на остатокот на мрежата и се испраќа во координативната служба којашто веќе добила податоци за укинување на дел од мрежата, со цел за тактички препораки и ад хок процедури за оптимална работа и примена на мерки во текот на сообраќајот.

По истекот на временскиот период во кој сообраќајот бил ограничен поради прекинување на дел од мрежата и воведување на мерки за проток на сообраќајот, започнува планирање на долгорочни мерки за зголемување на капацитетот на мрежата. Конвенционалната мрежа нема вградено флексибилност така што тоа може да се постигне само со креирање на нови елементи на мрежата. Тоа се нови воздушни правци коишто со помалку загуби ќе го опслужат корисникот. Периодот во кој

¹⁵ Ibid., Supra 20

претставниците на земјите членки ги усогласуваат ставовите и интересите на корисникот и земјите членки кои се погодени со настанување на ограничувањето, е време во коешто се задржува намалениот капацитет на воздушниот простор. Овој начин на администрирање на мрежата е фактор за намалување на нејзиниот капацитет.

3.2.2.2 Политички фактори

Функционалноста и капацитетот на конвенционалната мрежа на воздушните правци е условен со целокупна проодност на мрежата, која се заснова на расположливост на сите ресурси на мрежи и на добрата поврзаност на нејзините делови. Поради надлежностите, кои како неотуѓено право ги имаат земјите членки, на секоја од нив во својата територија и во воздушниот простор над неа додатно ѝ е доделена надлежност во воздушниот простор над меѓународните води. Поради разликите во политичките прашања кои доведуваат до нецелосна соработка или немање соработка, конвенционалната мрежа што е поврзана за своите референтни точки на површината на земјата, е ослабена. Капацитетот на дел од мрежата за којшто се мери е зависен од протокот на сите правци. Оттука, недоволно добрата соработка меѓу земјите членки проектирана во една точка (обично поле на прекугранична соработка) го слабее целокупниот капацитет на интегралниот дел на мрежата.

За разлика од WATEN¹⁶, која може да го прескокне овој критичен елемент со еластично закривување и заобилкување, конвенционалната мрежа се потпира на долготрајни преговори на земјите членки кои во некои примери никогаш не се реализираат.

Постојат и примери на непризнавање на заемот или едноставно две или повеќе земји членки во случај кој е невозможен пристап на подобрување на решенија на реконструирање на мрежата, бидејќи меѓусебните проблеми за соработка не го намалуваат правото и капацитетот на ниедна земја членка да притиска на конструирање на воздушните правци кој непосредно или посредно влијаат на нејзиниот воздушен сообраќај како и правото на корисникот кој доаѓа од таа земја.

¹⁶ Ibid., Supra 20

При вакво намалување на капацитетот не може да се пристапи со решение доколку не се обезбеди кооперативност на сите заинтересирани земји што може да потрае подолго и да го стопира процесот на усвојување на мерката за подобрување на капацитетот на мрежата.

Посебен проблем е појавата на новите територијални политички организации кои не се препознати како земји членки, а сообраќајот кај нив и околу нив се објавува според стандардите на ICAO и на препорачаните практики. Оперативниот капацитет на мрежата на воздушните правци која ги опслужува формираните територијални организации и воздушниот простор над и во непосредна близина драстично е намален поради неможностите на прекугранична соработка со другите земји членки. Тука конвенционалната мрежа на воздушни правци не може да понуди решение, бидејќи се воспоставува врз основа на меѓународен билатерален и мултилатерален договор, кои во вакви случаи не можат да се остварат.

Во истражувањата и реализацијата на проекти кои својата примена ја бараат во реалниот свет, потребно е да се признае таа реалност како постоечка. WATEN има подобро решение за зачувување на оперативниот капацитет во реални услови, бидејќи:

- Може да реагира во реално време без задоцнување во реакцијата:
- Може во еластична деформација за потреба на заобиколување на опструираниот простор да го понесе со себе целиот свој капацитет.

Во случај на конвенционална мрежа, заобиколувањето на опструираниот простор се изведува со укинување на дел од мрежата и глатко поврзување на капацитетот.

3.2.2.3 Технички ограничувања

Техничката опременост влијае на оперативниот капацитет, за разлика од техничкиот капацитет, кој се пресметува под претпоставени идеални услови на експлоатација кој е остварлив во секојдневниот реален сообраќај.

Поради разликата во развојот во општото и во посебното поле на комерцијалното воздухопловство, се појавува разлика во техничките опреми на службите на контролата на летање на земјите членки. Затоа, ситемот за наплата на услуги се поставува

еластично за да се надоместат разликите и да се помогне во остварувањето на услови поединечниот систем да може сам да се издржува. Како и да е, не може да се избегне разликата во техничката опременост и оперативната искористеност на техничкиот систем што предизвикува директно редуцирање на капацитетот на мрежата на ниво на капацитет на технички најслабиот опремен дел.

Во случај да се оствари целосна унификација на службената опрема, тие нема да можат во тој процес да се совпаѓаат, што како резултат ќе доведе до различно ниво на опременост на техничките системи, а со тоа и различно влијание на оперативниот капацитет на конвенционалната мрежа на воздушни патеки.

3.2.2.4 Оперативни ограничувања

Оперативниот фактор може да се именува и како технолошки фактор, бидејќи неговиот ограничувачки удел е резултат на технолошкото решение.

Разликите во оперативната работа на разликите во оперативните процедури, конфигурации на воздушниот простор, големината на теоријата како и техничката опременост, придонесуваат за опаѓање на целокупниот капацитет на мрежата на најслабиот елемент во интегрираниот потсистем што е дел од мрежата.

Второ големо ограничување е прекин во слободниот проток на сообраќајот како резултат на посебни потреби на системот од страна на една земја членка, како дополнителни потреби на сообраќајот во прекуграничната соработка. Елементите што ја чинат таа потреба се диктираната висина на одреден дел на рутата или на одредена точка (обично на заедничката точка меѓу две членки), диктираната брзина и правецот на летот. Сите овие ограничувања можат да се појават во рамките на една земја членка во дел на соработката на нејзиниот единствен систем (сектор, центар итн.).

Намалувањето на капацитетот влијае врз комплексноста во сообраќајот. Честата потреба од поврзување (interface) со пристапната или аеродромска контрола на летање, особено во близина на границата, интензитетот на военото летање, метеоролошките карактеристики на регионот итн. влијаат на безбедноста на воздушната пловидба.

3.2.2.5 Ограничувања од човечки фактор

Човечкиот фактор е многу значаен во работата на неавтоматизираните и полуавтоматизираните системи. Тој удел се гледа во елементите: карактеристика на хуманата работа, пополнетост со кадар, обуки, образование, социјален статус, меѓучовечки односи.

Во процесот на работа што се заснова на проценки и донесување одлуки во реално време, доаѓа до приказ на карактеристиките на хумана работа како што е намалување на ефективноста од причини на стрес, замор, заситеност. Со тоа е ограничено оптималното користење на капацитетот на мрежата и намален нејзиниот оперативен капацитет.

Севкупниот капацитет на мрежата не може да се оствари без целокупен кадар. Недостатокот од кадар во мерниот регион или во негов дел дејствува врз намалување на капацитетот на ниво на најкритични делови.

Обуката на кадарот за целосно искористување на капацитетот на мрежата со квалификација и примена на работните процедури, директно влијаат на оперативниот капацитет. Разлики во обученоста можат да се јават во пополнетоста, но само во однос на другите независни системи и во рамките на еден систем.

Со работна култура и преку други образовни дисциплини директно се вложува во работата, а со тоа и во искористување на оперативниот капацитет.

Социјалниот статус на човечкиот фактор, поединечно и на ниво на организација, влијае врз искористеноста на работниот потенцијал, врз оперативниот капацитет, врз меѓучовечките односи кои резултираат со различни категории на работна соработка, а со тоа и искористеност на капацитетот

Сите наведени елементи се фактор на капацитет во системите кои се неавтоматизирани или полуавтоматизирани. Ваквиот впечаток би се намалил или елиминирал со целосно автоматизиран процес.

3.3. Економичност на летот

3.3.1. ВОВЕД

За преглед на севкупната економичност на процесот на обезбедување воздухопловните услуги - Систем на Контрола на летање (Air Navigation System – ANS)

од точка до точка (gate-to-gate) е задолжена Комисијата за преглед на ефикасноста (Performance Review Commission - PRC). Во ова поглавје е извршена анализа на севкупната економичност при обезбедување на воздухопловни услуги во 2011 година, како и направен е преглед за периодот од 2011-2014 година.

3.3.2. ЕКОНОМИЧНОСТ ПРИ КОРИСТЕЊЕ НА РУТИ

Економичноста при користење на рути во областа на EUROCONTROL и на поединечните држави членки, поконкретно, направена е споредба меѓу постигнатото во 2011 година со претходната година, и споредба дали е постигнато во 2011 година она што било претходно испланирано за 2011 година. Исто така, прикажан е планираниот тек на економичноста меѓу 2012 и 2014 година во областа на EUROCONTROL. Тука се разгледуваат информациите за економичноста која ја постигнуваат EU -27+2 државите согласно нивниот План на работење во контекст на Регулативата на Комисијата (EU) бр. 691/2010 (подолу во текстот се наведува како „регулатива за шема на работење“).

Дадена е сложена анализа на податоците за терминалните ANS, трошоци и поединечните цени како што државите членки на EU ѝ ги соопштуваат на Европската Комисија, а меѓу нив спаѓаат Норвешка и Швајцарија, во согласност со регулаторните услови во однос на економичноста за терминалните ANS трошоци во Регулативата на Комисијата (EC) бр. 1794/2006 (подолу наведена како „регулатива за наплати“) и Регулативата на Комисијата (EU) бр. 691/2010.

Конечно, заради работењето на давателите на услуги на воздухопловна навигација (Air Navigation System Provider –ANSP), согласно стандарди и заради споредување на истите, од 2001 година PRC прави анализа на поединечното економско работење (gate-to-gate), кое пак се фокусира на Комуникациски и навигациски системи во контролата на летање (Communications, Navigation, Surveillance/Air Traffic Management - CNS/ATM), трошоците кои се причинети од ANSP, и кои се засноваат на условите за откривање на информации.

За да се обезбеди конзистентност на индикаторите одредени во регулативата која се однесува на шемата на работење, индикаторот на економичност којшто е

анализиран во ова поглавје е изразен во однос на трошоците за услуга во секоја единица.

На крај, треба да се забележи дела во ова поглавје терминот област на EUROCONTROL ги опфаќа сите зони на наплата за користење на рути, кои се интегрирани во системот за рутни наплати во 2011 година (со исклучок на зоната на наплати Португалија Санта Марија). Слично, EU-27+2 се однесува на 27 држави членки на ЕУ, плус Швајцарија и Норвешка. Тие се т.н. држави на Единственото европско небо (Single European Sky - SES).

Конкретните податоци за 2011 година за државите членки на EUROCONTROL се засновани на материјалите доставени во ноември 2012 година до проширениот Комитет, одговорен за рутни наплати. За државите членки на SES, планираните трошоци за 2012-2014 година, сообраќајот и поединечните трошоци (одредена поединечна цена – Determined Unit Rate) се одредени во националните планови на работење за првиот референтен период (RP1), во согласност со целите, поставени во однос на економичност низ ЕУ за овој RP1. Овие информации се прикажани во Табела 3.1.

Во Т.3.1 се сумирани главните релевантни податоци за економичност како и дадени се измените на ANS трошоците за користење на рути за секоја Наплатни единици (Service Unit – SU), во периодот меѓу 2009 и 2014 година за областа на EUROCONTROL.

Табела 3.1: Трошоци за користење на рути за секоја наплатна единица – SU за областа на EUROCONTROL [€ 2009]

	2009 Actuals	2010 Actuals	2011 Actuals	2012 Forecasts	2013 Forecasts	2014 Forecasts	2011 vs 2010	2009-14 AAGR	2011-14 AAGR
Total en-route ANS costs (M€2009)	6 648	6 479	6 455	6 758	6 814	6 797	-0.4%	0.4%	1.7%
SES States (EU-27+2)	6 248	6 072	5 972	6 258	6 319	6 306	-1.6%	0.2%	1.8%
Other 9 States in the Route Charges System	400	407	482	500	495	490	18.4%	4.1%	0.6%
Total en-route service units (M SU)	111	114	120	124	128	132	4.9%	3.6%	3.2%
SES States (EU-27+2)	98	100	105	108	111	115	4.5%	3.2%	3.1%
Other 9 States in the Route Charges System	13	14	15	16	16	17	7.7%	6.1%	4.5%
En-route real unit cost per SU (€2009)	60.1	56.7	53.9	54.5	53.4	51.5	-5.0%	-3.0%	-1.5%
SES States (EU-27+2)	63.7	60.4	56.9	57.8	56.7	54.9	-5.9%	-2.9%	-1.2%
Other 9 States in the Route Charges System	31.9	29.6	32.6	31.8	30.8	29.0	9.9%	-1.9%	-3.8%

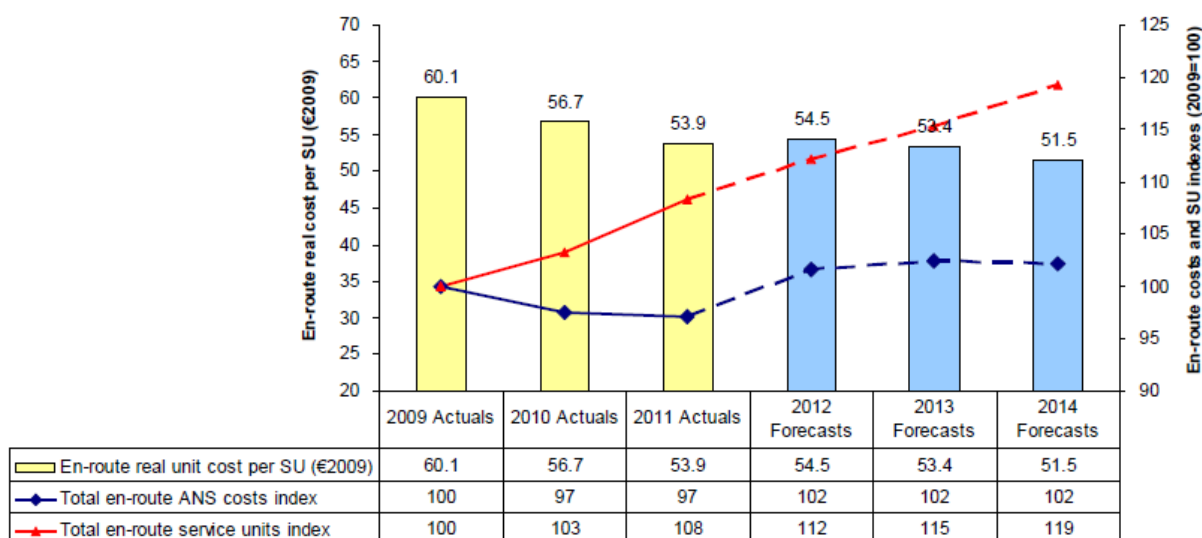
Извор: Performance Review Report, <http://www.eurocontrol.int>

Она што ја означи 2011 година е дека за државите на SES/ANSP е методот „целосно покривање на трошоци“. Од 2012 година наваму, државите на SES/ANSP

усвоиле т.н. метод на „одредени трошоци“ со специфични договори за споредување на ризикот, одреден во регулативата за наплата, која има цел да ги поттикнува ANSP да работат економично.

Нема податоци од SES државите за после 2014 година (Preliminary Report - RP1). Во Јуни 2013 година ќе се дадат прелиминарни податоци за RP 2 (2015-2019 година). За другите држави на EUROCONTROL податоците се обезбедуваат на годишно ниво сè до N+5, пример: планираните податоци за ноември 2012 година ги опфаќаат и оние се до 2017 година.

На Сл. 3.12 дадени се измените на поединечните трошоци за рути за секој SU за областа на EUROCONTROL за периодот од 2009-2014 година, кога сообраќајот на системско ниво се планира да се зголемува побрзо од трошоците.

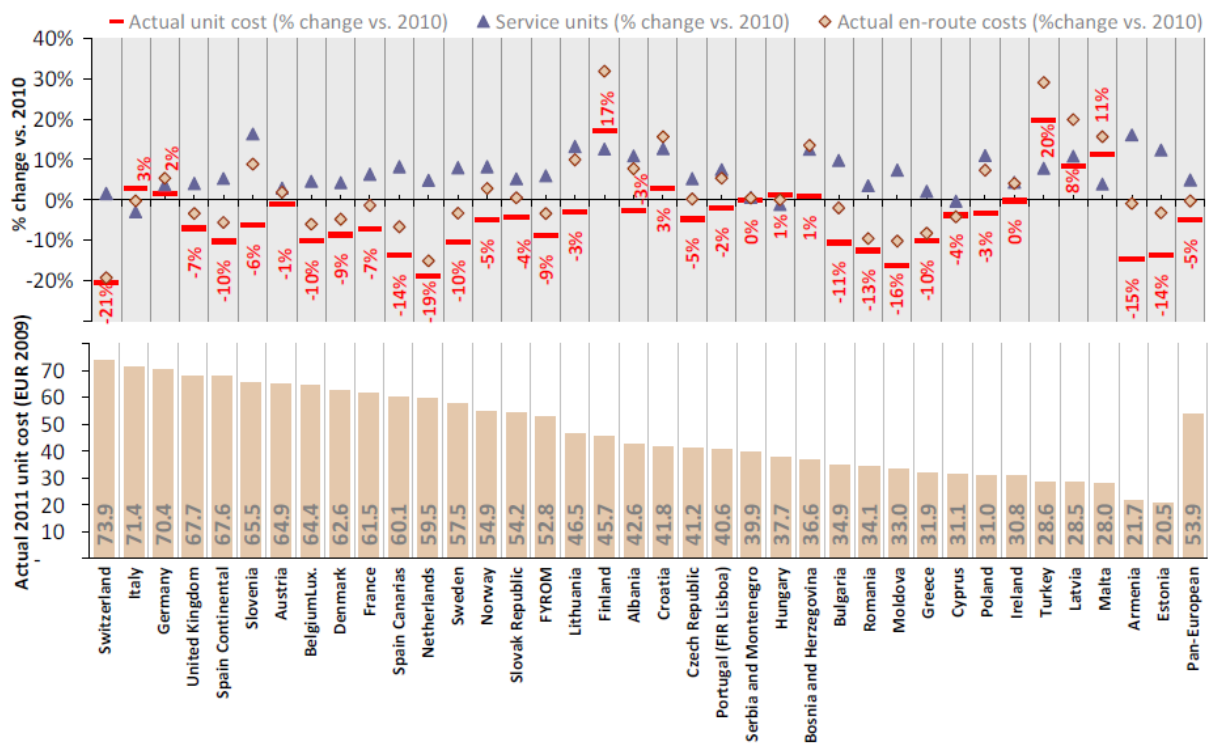


Сл. 3.12: Поединечни трошоци за рути за секој SU за областа на EUROCONTROL [€2009]

Извор: Performance Review Report, <http://www.eurocontrol.int>

Како што е прикажано на Сл. 3.12, во 2011 година имаше засилен пораст на сообраќај (+4.9% во однос на SU-и во целата област).

На Сл. 3.13 прикажано е како сообраќајот се зголемувал значително низ поголемиот број на држави, особено во Северна и Централна Европа. Порастот на сообраќај бил позначителен во државите кои не се членки на SES (+7.7%), отколку во оние кои се членки на SES (+4.5%), како што беше случај во минатите години.



Сл. 3.13: Зголемување на сообраќајот во европските држави

Извор: Performance Review Report, <http://www.eurocontrol.int>

Реалните рутни ANS трошоци (изразени во ЕУР 2009) се намалиле општо за 0.4% или вкупно 25 М€2009 во споредба со 2010 година. Всушност, ова е втора година по ред вкупните рутни ANS трошоци да се намалуваат на европско системско ниво. На европско ниво, ова намалување главно се објаснува со еднократно намалување на трошоците на EUROCONTROL во 2011 година кои изнесуваат на 62 М€ во номинална вредност и во врска со буџетот на Меѓународниот финансиски систем за известување (International Financial Reporting System - IFRS 49 М€ и Посебна Анекс потврда 16М€). Од Сл 3.12, постои значителна разлика за SES државите (-1.6% во споредба со 2010 година или -0.5%, ако се исклучи еднократниот ефект) и за другите 9 држави (+18.4% во споредба со 2010, или 18.7% ако се исклучи еднократниот ефект).

Како резултат на намалувањето на вкупните рутни ANS трошоци (-0.4% реално) и зголемувањето на обемот на сообраќај (+4.9% во однос на SUи), конкретните реални рутни трошоци за SU во 2011 година на европско системско ниво изнесувале 53.9%, или -5.0% отколку во 2010 година (56.7ЕУР).

На Сл. 3.13 е прикажан индикаторот на економичност при користење на рути за секоја посебна држава (зона на наплати) во 2011 година. Се движи од 7.39ЕУР за Швајцарија до 20.5 ЕУР за Естонија, фактор поголем од 3. Исто така, дадени се промените во сообраќајот и трошоците во споредба со 2010 година. Највисок процент на покачување на конкретните рутни трошоците во 2011 беа забележани во:

- Финска: +32 %, главно како резултат на промена на методот на алоцирање меѓу рутните и терминалните ANS;
- Турција: +29%. Мора да се разгледа силното покачување на трошоците во однос на одржливиот пораст на сообраќај, како и модернизација на АТМ системот и консолидирање на АСС. Треба да се забележи дека покачувањето на вкупните трошоци изразени во националната валута во номинален однос (+37%) е поголемо од покачувањето дадено во Евра (+17%) како резултат на **депресијација** на турската лира во однос на еврото.
- Малта: +16% како резултат на прекувремената работа на контролорите на летање за време на Либиската криза, постоењето на долгови и амортизација на престојните трошоци за купување на физички средства.
- Хрватска: +16% како резултат на прекувремената работа заради големото покачување на сообраќај, намалување на договорниот вкупен број на работни часови на контролата на летање во седмицата, одредба во однос на неискористени платени одмори за 2011 година, и зголемени амортизациски трошоци.
- Покачувањето во Латвија на рутните трошоци (+20%) може да се објасне со фактот што вкупните трошоци за 2010 година се проценки направени пред интегрирањето на Латвија во Мултилатералниот систем за рутни наплати.

Најголем процент на намалување на рутните трошоци беше забележан во:

- Швајцарија: -19% како резултат на зголемување на сумата добиена од трошковната основа во врска со услугите кои се обезбедуваат преку граници и мерките за економичност особено во однос на покривање на трошоците за купување на физички објекти
- Холандија: -15% главно се објаснува со еднократниот исклучителен дел во 2010 на некои 22 М€ за градење на Холандската контрола на летање.

Во однос на пораст на сообраќајот, најголемите покачувања беа забележани во Северна и Централна Европа, каде во 10 држави порастот беше над 10% (Словенија и Ерменија +16%, Литванија, Финска, Хрватска и Босна и Херцеговина +13%, Естонија +12%, Албанија, Полска и Латвија +11%).

Порастот на сообраќај во однос на SU како и да е, беше негативен во Италија и Кипар (како резултат на Либиската криза и општо заради немирите во северноафриканскиот регион) и во Унгарија (како резултат на повторното рутирање на сообраќајот по отварањето на нови и/или покуси рути во мрежата).

Како што е дадено во Табела 3.2, четири од петте најголеми држави/ANSP спаѓаат меѓу петте со највисоки реални рутни ANS единечни трошоци. Овој резултат би покажал дека овие држави/ANSP не ги експлоатираат целосно економиите онолку колку што се очекува, земајќи ги предвид инфраструктурните карактеристики при обезбедување на воздухопловни услуги.

Табела 3.2: Споредба меѓу планираните ANS рутни трошоци и SU

€2009 prices	2011 cost-efficiency		
	Planned in November 2010	Actuals 2011	Difference (%)
Total en-route ANS costs (M€2009)	6 538 972 231	6 454 510 368	-1.3%
SES States (EU-27+2)	6 114 622 248	5 972 262 997	-2.3%
Other 9 States in the Route Charges System	424 349 982	482 247 371	13.6%
Total en-route service units (M SU)	119 913 972	119 849 183	-0.1%
SES States (EU-27+2)	105 201 787	105 043 733	-0.2%
Other 9 States in the Route Charges System	14 712 185	14 805 450	0.6%
En-route real unit cost per SU (€2009)	54.5	53.9	-1.2%
SES States (EU-27+2)	58.1	56.9	-2.2%
Other 9 States in the Route Charges System	28.8	32.6	12.9%

Извор: Performance Review Report, <http://www.eurocontrol.int>

Во Т. 3.2 е дадена споредба меѓу планираните ANS рутни трошоци и SU кои ги подготвиле државите во ноември 2010 година за да ги одредат рутните поединечни цени за 2011 година и реалните трошоци и SU обезбедени од страна на државите во Ноември 2012 година¹⁷. Актуелниот вкупен број на SU во 2011 година е близок со планираниот во ноември 2010 година (-0.1%), додека актуелните рутни трошоци се на системско ниво пониски од претходно планираните (-1.3%). Треба да се забележи дека

¹⁷ Во индексите кои се употребени за приказ на реалните финансиски бројки е земена предвид стапката на инфлација во 2010 и 2011 година.

еднократно намалување на EUROCONTROL трошоците веќе се одрази во прогнозите од ноември 2010 година.

За SES државите, рутните ANS трошоци се -2.3% пониски од планираните за 2011 година, иако сообраќајот е речиси ист со планираниот (-0.2%). Ова се должи на фактот што неколку држави/ANSP значајно ги намалиле нивните вкупни трошоци. Со ова се наметнува дека некои држави/ANSP успеале да остварат дополнителни заштеди во 2011 година кои не се целосно дадени во плановите на работење објавени во Јуни/Дек 2011 година. Ова е случај со Шпанија и со други држави кои биле под силно влијание на мерките за штедење во врска со кризата заради долгови. Општо, овие резултати доведуваат до прекумерен надомест од 2011 година да се спроведе како намалување на цените за наплата во престојните години.

Од друга страна, за 9-те држави кои не се SES, актуелните рутни ANS трошоци се +13.6% поголеми од планираните, т.е. значително се надминува разликата меѓу актуелните и планираните SU (+0.6%), што доведува до просечен единечен трошок (+12.9%) поголем од првично планираниот.

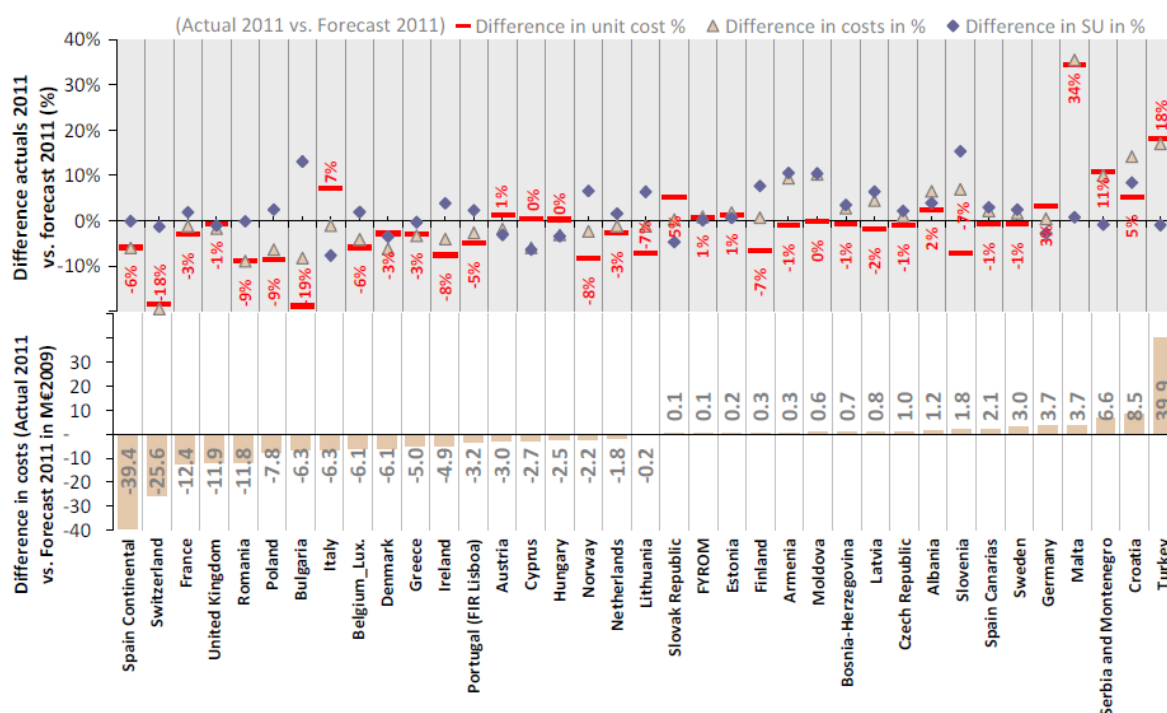
Како што е дадено на Сл. 3.14, големи намалувања на актуелните трошоци во 2011 година во споредба со планираните во ноември 2010 година се забележани во:

- Шпанија, главно како резултат на пониските трошоци за персоналот
- Швајцарија, главно како резултат на повисоките износи добиени од трошковната основа во врска со услуги обезбедени преку граница, но и како резултат на пониските оперативни трошоци.
- Франција, како резултат на изведување на повисоки дополнителни наплати од очекуваните, а пониски во Француската контрола на летање (Direction des services de la navigation aeriene – Department of air navigation services –DSNA) трошоци за персоналот од планираните, бидејќи некои општествени мерки предвидени со буџетот не биле имплементирани и биле одложени до 2012 година.
- Велика Британија, како како резултат на програмите за намалување на трошоци на Британската контрола на летање (National en route space Limited – NERL), кои опфаќаат заштеди од пониски ренти и стапки, релокација и консолидација на NERL колеџот за обука со корпоративниот центар. Треба да се забележи дека

во контекст на споделување на ризик, постои стремеж NERL да ги намали трошоците заради намалениот сообраќај во однос на планираниот, и

- Романија, како резултат на пониските трошоци за персоналот од оние прикажаните во планираната трошкова основа,

Некои држави покажуваат значително повисоки актуелни трошоци во 2011 година од планираните во ноември 2010 година, особено Турција, Хрватска и Малта.



Сл.3.14: Намалување на актуелните трошоци 2011 год.

Извор: Performance Review Report, <http://www.eurocontrol.int>

3.3.3. АНАЛИЗА НА ЕКОНОМИЧНОСТ ПРИ КОРИСТЕЊЕ НА РУТИ ЗА ПЕРИОД 2010-2014

Актуелниот пораст на сообраќај во однос на SU беше негативен во 2012 година (-1.3%) во споредба до 2012 година, и под планот од 2011 година за одредување на единечните рутни цени за 2012 година (+3.5% во споредба со актуелниот SU во 2011 година). Општо, актуелниот сообраќај за 2012 е -4.6% помал од планираниот што е основа за поединечните цени за 2012 година. Најновите индикации покажуваат дека

прегледот на сообраќајот за претстојните години ќе остане послаб од планираниот во 2011 година.

Во овој контекст, клучно е дека државите/ANSP ги имплементираат потребните мерки за прилагодување на нивните трошоци во согласност со трендовите на сообраќај. За SES државите, кои работат според методот на одредени трошоци ANSP ќе се стремат да ја прилагодат својата трошкова основа на новото окружување за да спречат големи финансиски загуби во првиот RP. Како резултат на договорите во однос на споделување на ризиците во сообраќајот, кои се дадени во регулативата за наплати, се очекува ANSP/Државите да остварат нето загуба на приходите во износ од 150M ЕУР во 2012 година, а корисниците на воздушниот простор треба да ги остварат останатите загуби од околу 180M ЕУР.

Во овој дел е дадена сложена анализа на терминалните ANS трошоци, а дадени се и податоците за поединечните цени онака како што SES државите и ги соопштуваат на европската комисија, во согласност со регулативните услови во однос на економичност на терминални ANS трошоци дадени во Регулацијата на Комисијата (ЕК) бр. 1794/2006 и Регулацијата на Комисијата (ЕУ) бр.691/2010. Бидејќи условите за терминалните воздухопловни услуги дадени во регулативата 1794/2006 се однесуваат на периодот од 2012 година натаму, а одлагањето на примената на регулативата ЕУ бр.1191/2010 до 2015 е од корист за државите, голем број на држави сега јавуваат дека податоците за трошоците од 2009 и 2010 година, не биле во целост споредливи со податоците од 2011/2012 година натаму.

Терминалните ANS трошоци и податоците за поединечните цени дадени во Регулацијата на Комисијата (ЕК) бр. 1794/2006 се однесуваат само за 27 држави членки на ЕУ како и на Норвешка и Швајцарија.

Иако постепено се подобруваат, податоците за економичност на терминалните ANS трошоци се многу понесеопфатни од оние за рутните ANS. Во исто време, покрај тоа што сè повеќе држави даваат податоци за терминалните ANS трошоци и за единечните цени на европско ниво, сè уште постои разнообразие низ државите и периодите (за истите држави).

За да се одбегне можното недоразбирање, корисно е да се разликуваат терминалните ANS наплати (т.н. терминални воздухопловни наплати) и аеродромски наплати. Аеродромските наплати вклучуваат наплати за слетување, наплати за

патници, за товар, паркирање и користење на хангари, како и наплати за бучава. Дадени се во Директивата 2009/12/ЕС. Додека ваквите аеродромски и патнички наплати изнесуваат 15 билиони ЕУР/годишно, TNC во SES претставуваат 1.6 билиони ЕУР годишно.

Во ноември 2012 година, 28 Држави (30 зони на наплати за услуги во терминал) ги соопштија вкупните терминални ANS трошоци за 2011 година. Сите овие држави плус Малта, ги дадоа и вкупните терминални ANS трошоци за 2012-14 година. Во 2011 година, овие држави опфатија 226 аеродроми чија работа е следена за време на RP1 во EU27+2, што претставува околу 88% од вкупниот сообраќај на сите аеродроми во овие држави. Како и да е, бројот на Зоната на наплати за услуги во терминал (Terminal Charging Zone-TCZ) и опфатените аеродроми не е постојан во RP1 (2012-2014 година) или во државите.

Во Табела 3.3, сумирани се терминалните ANS трошоците и сообраќајот (податоци за терминални движења и вкупно единици кои обезбедуваат терминални воздухопловни услуги (terminal navigation service units-TNSU) меѓу 2010 и 2014 година, за државите кои даваат податоци). Бидејќи не сите SES држави даваат прогнози за сообраќај во терминал за секоја зона на наплати за услуги во терминал –TCZ и тоа на конзистентен и споредбен начин, не е можно да се добие EU тренд за единечните ANS терминални трошоци.

Табела 3.3: Терминални ANS трошоци и сообраќајот

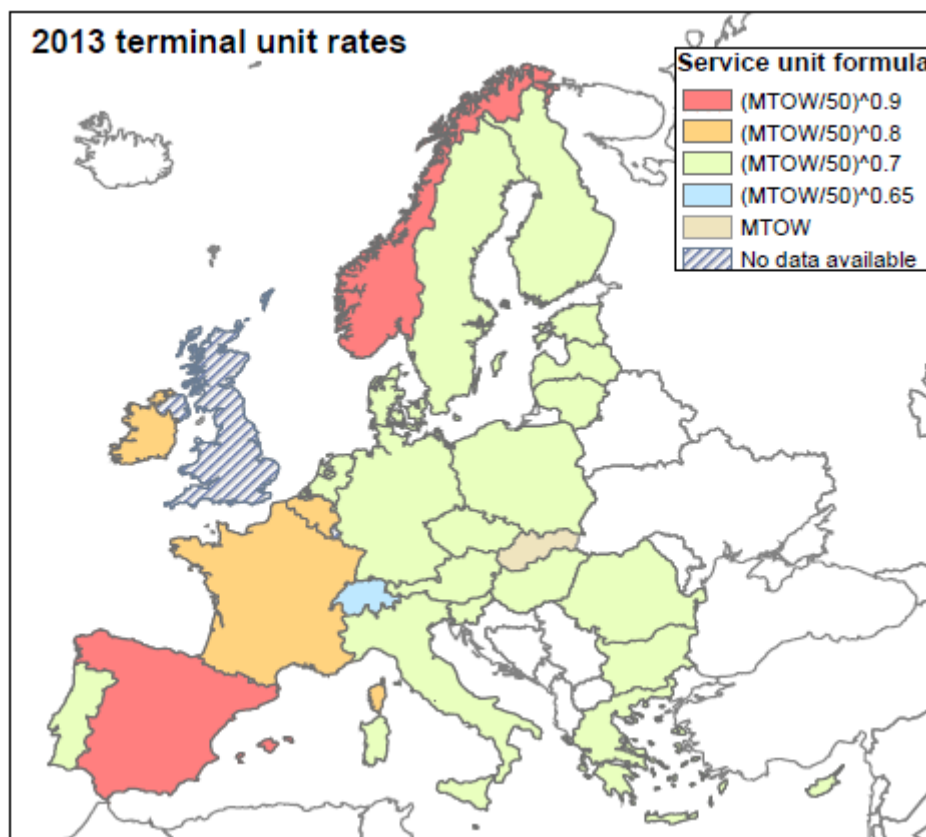
		2010	2011	2012F	2013F	2014F	11/10	14/11 p.a.
Number of	States reporting	27	28	29	29	29	3.7%	1.2%
	Charging zones	29	30	31	31	31	3.4%	1.1%
	Airports covered	224	226	228	230	230	0.9%	0.6%
Total terminal ANS costs (€ m 2009)		1,489	1,459	1,465	1,453	1,444	-2.0%	-0.3%
Terminal movements (millions)		12.9	13.3	n/a	n/a	n/a	2.8%	n/a
Terminal TSU ((MTOW/50) ^{0.7} , millions)		7.6	7.9	n/a	n/a	n/a	4.2%	n/a
Terminal real unit costs	(€2009/movement)	115	110	n/a	n/a	n/a	-4.7%	n/a
	(€2009/TSU)	197	185	n/a	n/a	n/a	-6.0%	n/a

Source: State submissions to the European Commission for costs (November 2012) and CRCO for TSU

Извор: Performance Review Report, Европска Комисија

Терминалните воздухопловни услуги им се наплаќаат на корисниците врз основа на TNSU кои се во функција на MTOW и се пресметуваат со формула во форма на $(MTOW/50)^a$, каде експонантот a варира во различни држави кои даваат податоци (Сл. 3.15). Оваа непостојаност значи дека TNSU и единечните цени/трошоци не може

сеуште да се споредуваат меѓу сите држави или од година до година при што државите ја менуваат формулата за пресметување на TNSU.



Сл 3.15: Терминални наплатни единици 2013 год.

Извор: Performance Review Report, <http://www.eurocontrol.int>

Во согласност со Регулацијата за шема на наплати (ЕК) бр.1794/2006 дополнета со ЕУ бр. 1191/2010 година, од 2015 година сите држави ќе мора да користат заедничка формула $(MTOW/50)^{0.7}$. Всушност, веќе 16 држави ја имаат прифатено оваа формула, додека некои пак се поблиску до исполнување на овој услов до 2015 година (пр., Франција и Италија), додека пак некои едноставно планираат да се префрлат кон ваквиот начин на пресметување во 2015 година (на пример, Шпанија, Норвешка, Словачка и Швајцарија).

За опсервирањето сообраќај во 2010 и 2011 година, TNSU беа повторно пресметани од страна на Централната канцеларија за наплата (Central Route Charges Office – CRCO), според формулата $(MTOW/50)^{0.7}$, со што се направи споредба меѓу

единечните трошоци низ државите во овие години. Како и да е, во однос на планираните податоци, како резултат на различните формули кои ги употребуваат државите и како резултат на пропустите во податоците (пр., Велика Британија, Ирска и Белгија немаат податоци за сообраќајот), не е можно за пресметаат европските трендови за TNSU и единечните трошоци за RP1 (2012-2014 година).

Актуелните, реални вкупни терминални ANS трошоци за 2011 година (EYP2009, 1500 M) за државите кои даваат податоци биле -2.0% пониски од оние во 2010 година, додека во исто време (повторно пресметано) терминалниот сообраќај во 2011 се покачил од +4.2% до 7.9 милиони TNSU, што води кон намалување на единечните трошоци од -6.0% до EYP185 за TNSU.

PRC употребуваше практики за сериите на вкупни терминални услуги за секоја единица врз основа на CRCO податоците со користење на заедничка формула $(MTOW/50)^{0.7}$ и тоа од следните причини:

- Да се овозможи споредба на терминалните единечни ANS трошоци во државите;
- Да се постигне усогласеност со индикаторот за економичност при терминални услуги одредени во регулативата за работење.

Терминалните движења се зголемиле за 2.8% до 13.3 милиони во 2011 година, со соодветно намалување на единечните трошоци за -4.5% до 112.7 EYP за движење. Овие цифри се резултат на промените во државите кои даваат податоци и бројот на аеродроми кои формираат TCZ. Во периодот меѓу 2010 и 2011 година, бројот на држави кои даваат податоци (и TCZ) се зголемил за три, Кипар, Латвија, Естонија. Како и да е, овие држави претставуваат мал дел од трошковната основа (помалку од 1% под вкупните трошоци и сообраќај) и затоа ова нема големо влијание. Бројот на аеродроми кои биле надгледувани во периодот меѓу 2010 и 2011 година останал 224 (и покрај државите кои се приклучиле), бидејќи државите елиминираат или додаваат аеродроми кон нивнот TCZ.

Од Сл. 3.15 се очекува дека вкупните реални терминални ANS трошковни основи ќе се намалат за -2.0% во периодот од 2011-2014 година (-0.3% р.а.). Во вистинска смисла, оваа е охрабрувачки. Прво, се сугерира дека терминалните ANS трошоци ќе се намалат, додека рутната трошковна основа ќе се зголеми за RP1. Второ,

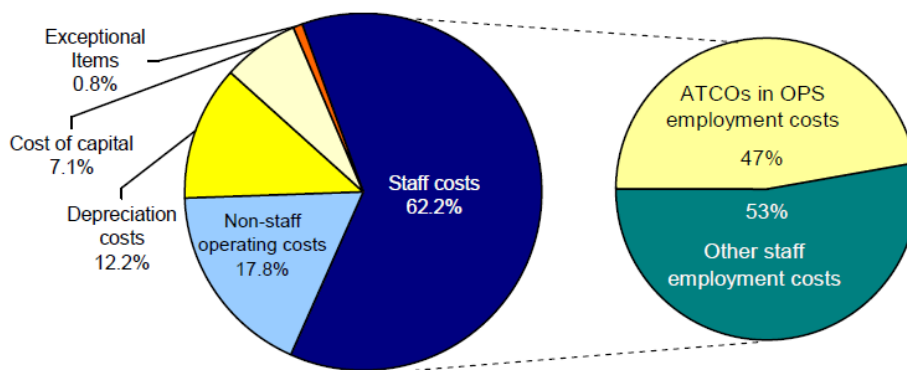
прегледот е во согласност со претходно планираните податоци кои ги доставиле државите во ноември 2011 година.

3.3.4 ЕКОНОМИЧНОСТ НА ТЕРМИНАЛНИТЕ ANS ТРОШОЦИ НА ЕВРОПСКО НИВО

Анализата на економското работење на ANSP се фокусира на трошоците при обезбедување на ATM/CNS услуги, кои се под директна одговорност на ANSP. Постои детална анализа во претстојниот ACE2011 Benchmarking report.

Анализата на извештаите на ефективните трошоци во контролата на летање (Air Traffic Management Cost- Effectiveness – ACE), овозможува одредување на најдобрата практика за економско работење на ANSP, и се добива потенцијален опсег на подобрувања во идното работење. Ова е корисно дополнување на анализата на рутните главни показатели (Key Performance Indicator –KPI) и терминалните индикатори на остварување (Performance Indicator- PI) кои беа дадени во претходните делови на ова поглавје.

На Сл. 3.16 е даден детален преглед на поединечните (gate-to-gate) трошоци при обезбедување на CNS/ATM услуги. Бидејќи постојат разлики во алокацијата на трошоци меѓу рутни и терминални ANS во различните ANSP, значајна е оваа „gate-to-gate“ перспектива за да се постават стандарди за економско работење во ANSP.



Total ATM/CNS provision costs: € 7 935 M

ATM/CNS provision costs (€ M)	En-route	%	Terminal	%	Gate-to-gate	%
Staff costs	3 801	61.6%	1 137	64.3%	4 939	62.2%
ATCOs in OPS employment costs	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	2 333	-
Other staff employment costs	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	2 605	-
Non-staff operating costs	1 084	17.6%	325	18.4%	1 410	17.8%
Depreciation costs	777	12.6%	187	10.6%	964	12.2%
Cost of capital	454	7.4%	106	6.0%	561	7.1%
Exceptional Items	50	0.8%	12	0.7%	62	0.8%
Total	6 167	100.0%	1 768	100.0%	7 935	100.0%

Сл 3.16: Преглед на поединечните (gate-to-gate) трошоци при обезбедување на CNS/ATM услуги

Извор: Performance Review Report, <http://www.eurocontrol.int>

На Сл. 3.16 е прикажано дека во 2011 година, на европско системско ниво, gate-to gate трошоците за обезбедување на ATM/CNS услуги изнесуваат 7.9 билиони ЕУР. На европско системско ниво, оперативните трошоци (вклучувајќи ги трошоците за персонал, оперативните трошоци кои не се врзани за персоналот и некои исклучителни трошоци) ги оправдуваат 81% од вкупните CNS/ATM трошоци, а трошоците поврзани со капиталот (трошок на капитал и амортизација) се 19%.

Квалитетот на услугите кои ги обезбедуваат ANSP влијаат на ефикасноста при движењето н воздухопловите кои чинат други трошоци кои треба да се земат предвид за целосна економска проценка на работењето на ANSP. Квалитетот на услугите кои ги обезбедува ANSP, во однос на CNS/ATM услуги, проценет само според доцнењата на земја според ATFM што може да се пресмета конзистентно во сите ANSP, може да се препише на ANSP и да се изрази монетарно. Индикатор на „економска“ економичност се затоа трошоците при обезбедување на CNS/ATM трошоци плус трошоците како резултат на ATFM доцнења на земја, сите изразени за секој композитен час на лет.

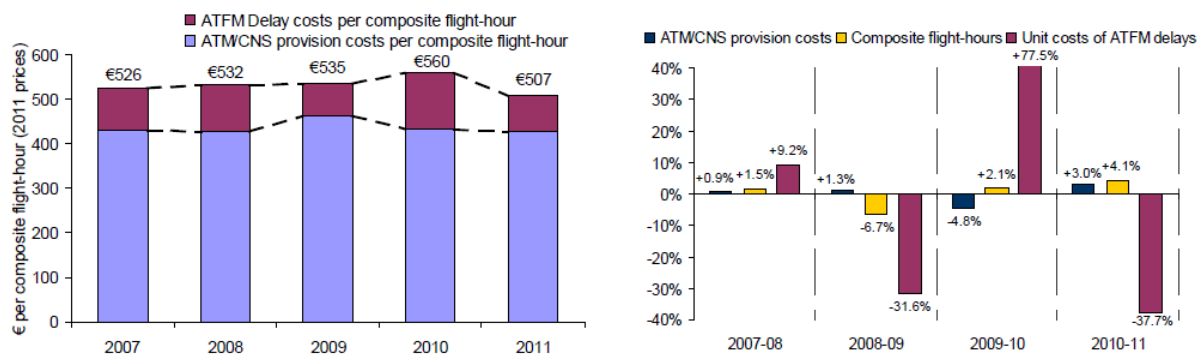
Во терминот композитни gate-to-gate часови на лет се комбинираат две одделни мерки за рутни (т.е. час на лет) и терминални воздухопловни услуги (т.е. am).

Композитните часови на лет се пресметуваат со мерење на рутни и терминални исходни мерки со користење на соодветните единечни трошоци. Овој просечен тежински фактор се пресметува на европско системско ниво со користење на трошоците на ANSP и други податоци за периодот од 2002-2011 година и изнесува 0.26. Композитните часови на лет се дефинираат како: рутни часови на лет +(0.26x аеродромски движење).

Иако композитните gate-to-gate излезни метрики не ги одразуваат во целост сите аспекти на обезбедените услуги, сепак тоа е најдобрата метрика која е на располагање а служи за споредување на поединечното економско работење на ANSP.

3.3.5. ТРЕНДОВИ НА ЕКОНОМСКА ЕКОНОМИЧНОСТ НА ЕВРОПСКО СИСТЕМСКО НИВО (2007-2011)

На Сл. 3.17 е даден трендот на европско ниво на gate-to-gate „економски“ трошоци за секој композитен час на лет меѓу 2007-2011 год. на еден конзистентен примерок од 36 ANSP¹⁸ за кој има на располагање податоци за временско-сериски анализи.



Сл. 3.17: Трендови на економичност на европско системско ниво (2007-2011 година)

Извор: Performance Review Report, <http://www.eurocontrol.int>

На десната страна на Сл. 3.17 е прикажано дека во 2009 год. обемот на сообраќај значително се намалил (-6.7%), одразувајќи го влијанието од економската

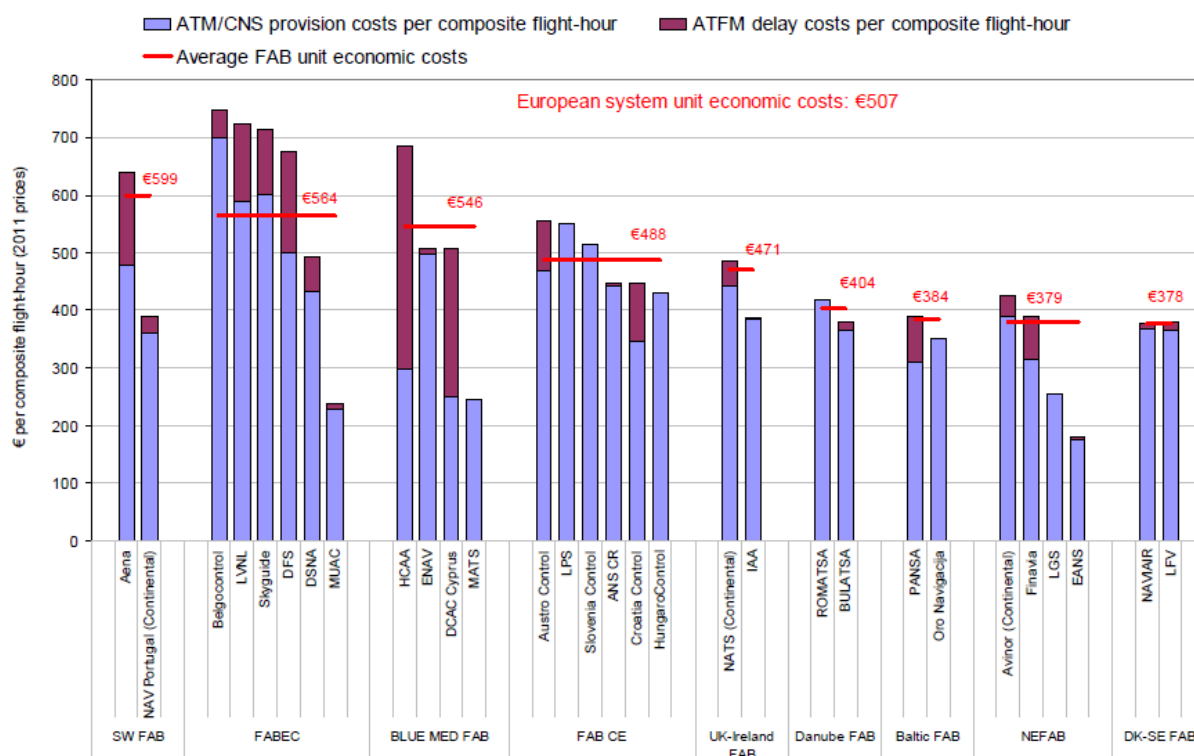
¹⁸ ARMATS беше исклучен од анализата бидејќи започна со доставување податоци од 2009 година.

криза врз воздухопловната индустрија. Меѓувреме, gate-to-gate трошоците при обезбедување CNS/ATM услуги малку се зголемија (+1.3%) што доведе до +8.6% покачување на единечните трошоци при обезбедување CNS/ATM услуги. На Сл. 3.17 е прикажано дека ова значително покачување е компензирано со остро намалување на единечните трошоци кои се резултат на ATFM доцнењата (-31.6%), а како резултат, единечните финансиски трошоци останаа одвај постојани во 2009 година (+0.7%).

Во 2010 година, бројот на композитни часови на лет се покачил за +2.1% додека трошоците при обезбедување CNS/ATM услуги паднале реално за -4.8%. Деталната анализа на PRR2011 покажува дека со намалувањето на трошоците при обезбедување CNS/ATM услуги се одрази влијанието на мерките за трошковни услови применети од неколку европски ANSP кои оствариле реални трошковни заштеди во 2010 година. Ова работење на паневропско ниво беше отежнато од наглото покачување на единечните трошоци за ATFM доцнења кај ограничен број на ANSP, општо единечните економски трошоци се покачиле за +4.6% во 2010 година.

Во 2011 година, трошоците за композитни часови на лет се покачија побрзо (+4.1%) ¹⁹од оние трошоци при обезбедување CNS/ATM услуги (+3.0%), со што се намалија единечните трошоци при обезбедување CNS/ATM услуги (-1.1%) во споредба со 2010 година. Во меѓувреме, единечните трошоци како резултат на ATFM доцнења се намалиле значително (-37.7%) што доведува до големо намалување на единечните економски трошоци во 2011 година (-9.4%). Во Европа, ATFM доцнењата довеле до некои дополнителни 16% на вкупните економски gate-to-gate трошоци во 2011 година (во споредба со 23% во 2010 година - на Сл. 3.18).

¹⁹ Стапката на раст на композитни часови на лет (+4.1%) и трошоци при обезбедување CNS/ATM услуги (+3.0%) во 2011 година се разликуваат од оние кои се забележани за рутните SU (+4.9%) и рутните ANS трошоци (-1.1%). Оваа разлика е гласно резултат на нецелосно проверените ACE податоци за подготовка на овој нацрт. Оваа тема ќе се опфати во конечната верзија по фазата на консултации.

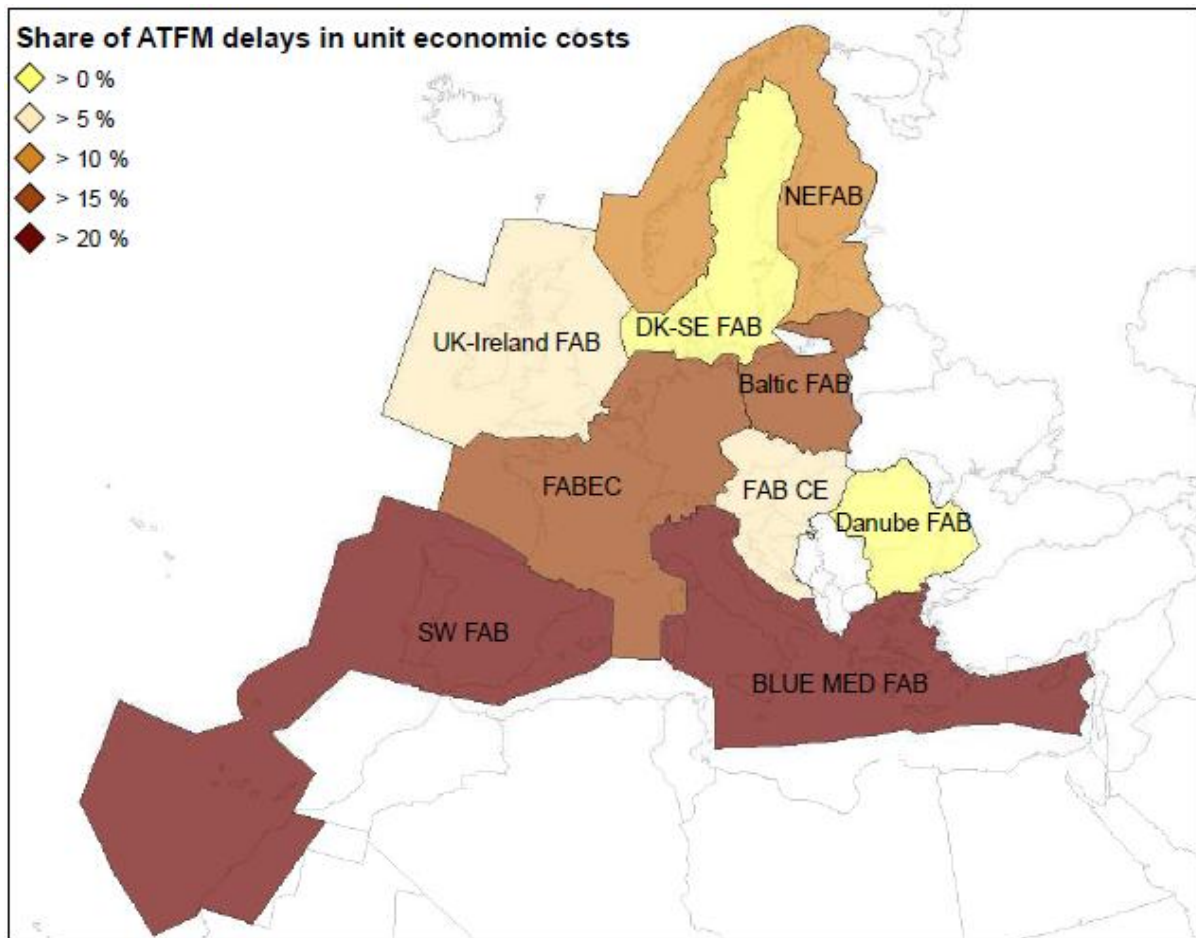


Сл. 3.18: Трендови на економичност помеѓу ANSP и FAB во 2011 год

Извор: Performance Review Report, <http://www.eurocontrol.int>

На Сл. 3.18 е прикажано дека кога се пресметува на ниво на Функционални воздушни простори (Functional Airspace Block- FAB), опсегот на единечни економски трошоци се движи од 599 ЕУР за југозападниот FAB до 378 ЕУР за DK-SE FAB, фактор од 1.6. Ова е помала дисперзија во однос на пресметка на економските трошоци за ANSP (т.е. со фактор од 4 меѓу Belgocontrol и EANS).

На Сл. 3.19 е дадена географската локација на придонесот на ATFM доцнењата кон единечните gate-to-gate економски трошоци во 2011 година, на ниво на FAB. За четирите FABа, (југозападен FAB, FABEC, BLUEMED и балтичкиот), придонесот на ATFM доцнењата кон економските трошоци поглем отколку оној кон паневропскиое систем во целина (т.е. 16%).



Сл 3.19: Географска локација на придонесот на ATFM доцнења

Извор: Performance Review Report, <http://www.eurocontrol.int>

Покажано дека трите FABа имаат просечни единечни економски трошоци поголеми од европскиот просек (507 ЕУР).

- ANSP кои работат во Југозападниот FAB имаат најголеми единечни економски трошоци во 2011 година од 599 ЕУР, околу 23% од оваа сума е резултат на ATFM доцнењата (т.е. значително повисоко од паневропскиот системски просек од 16%). Релативно високите единечни економски трошоци во југозападен FAB се должат на повисоките единечни трошоци од обезбедувањето на ATM/CNS трошоци во AENA и единечните трошоци од ATFM доцнењата во споредба до NAV Португалија.
- FABEC ANSP покажуваат економски трошоци од 564 ЕУР. Постои голем опсег на единечни економски трошоци во рамки на FABEC (од 700 ЕУР за Belgocontrol до 229 EUR за MUAC). Во 2011 година, сите ANSP кои се дел од иницијативата

FABEC се соочиле до ATFM доцнења. Просечно, трошоците од ATFM доцнењата се 18% од вкупните трошоци во FABEC. Ова е повисоко од паневропскиот системски просек (16%) и укажува дека се наметнаа прашања за капацитетот во 2011 година за некои ANSP кои се дел од иницијативата FAB.

- Единечните економски трошоци во BLUEMED изнесуваат 546 ЕУР за композитен час на лет во 2011 година, со единечни економски трошоци од 685 ЕУР за HCAA до 244 EUR за MATS. За BLUEMED, придонесот од ATFM доцнењата кон економските трошоци (23%) е значително поголем од оној за паневропскиот систем во целост (т.е. 16%). Всушност, во BLUE MED се оние два ANSP кои оствариле највисоки единечни трошоци од ATFM доцнења (389 ЕУР за HCAA до 257 EUR за DCAC Кипар). Овие два ANSP се соочиле со повторливи прашања за капацитетот веќе неколку години и не можеле да ги имплементираат потребните мерки за нивно решавање.

Шестте FABа остваруваат просечни единечни економски трошоци пониски од европскиот просек (507ЕУР):

- единечните економски трошоци во FAB CE изнесуваат 488 ЕУР. Дисперзијата во однос на единечните економски трошоци во рамки на FAB CE е пониска од онаа во FABEC или BLUEMED. Во 2011 година, два ANSP (LPS и Hungarocontrol) кои се дел од иницијативата FAB CE не се соочиле до ATFM доцнења
- единечни економски трошоци за UK-Ireland FAB изнесуваат 471 ЕУР за композитен час на лет. Придонесот на ATFM доцнењата кон единечните трошоци изнесуваат 8% во 2011 година, што е помалку од европскиот просек (16%)
- единечните трошоци во Danube FAB изнесуваат 404 EUR за композитен час на лет. ATFM доцнењата не беа предмет за Danube во 2011 година, бидејќи тие се околу 1% од вкупните економски трошоци во FAB-от
- единечните трошоци во Baltic FAB изнесуваат 384 EUR за композитен час на лет. Придонесот на ATFM доцнењата кон економските трошоци изнесува 18% во 2011 година, што е повеќе од европскиот просек (16%). Овој релативно висок степен на придонес ги одразува прашањата поврзани со капацитетот за PANSA, а ATFM доцнења не биле причинети од Oro Navigacija во 2011 година.

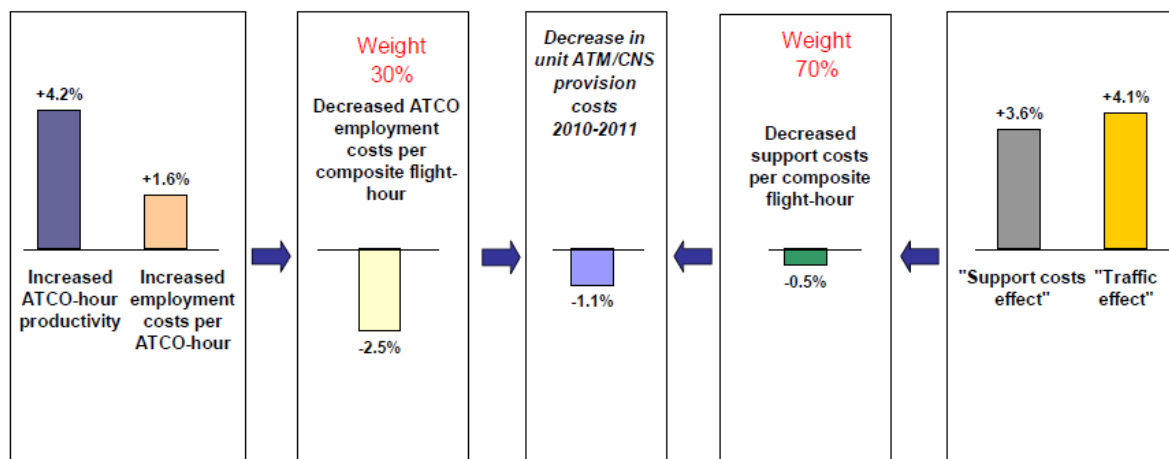
- NEFAB и DK-SE FEB се FАВови со најниски единечни економски трошоци во 2011 год. (379 ЕУР и 378 ЕУР за композитен час на лет). Слично како и во DANUBE, АТФМ доцнењата не беа теми во 2011 година за DK-SE бидејќи тие се само некои 4% од вкупните економски трошоци во FАВот. Од друга страна, придонесот од АТФМ доцнењата кон единечните економски трошоци во NFEAB е значително поголема на 13% во 2011 година.

3.3.6. ПОДЕЛБА На КРІ ЗА ЕКОНОМИЧНОСТ (2007-2011)

Индикаторот за економичност може да се подели според три главни клучни економски причини:

- 1) Продуктивност на контролори на летање на час;
- 2) Трошоци за вработување за секој КЛ-на час и
- 3) други придружни трошоци за секој композитен час на лет.

На Сл. 3.20 е даден приказ на придонесот на различните компоненти за општата промена во однос на економичноста меѓу 2010-2011 година.



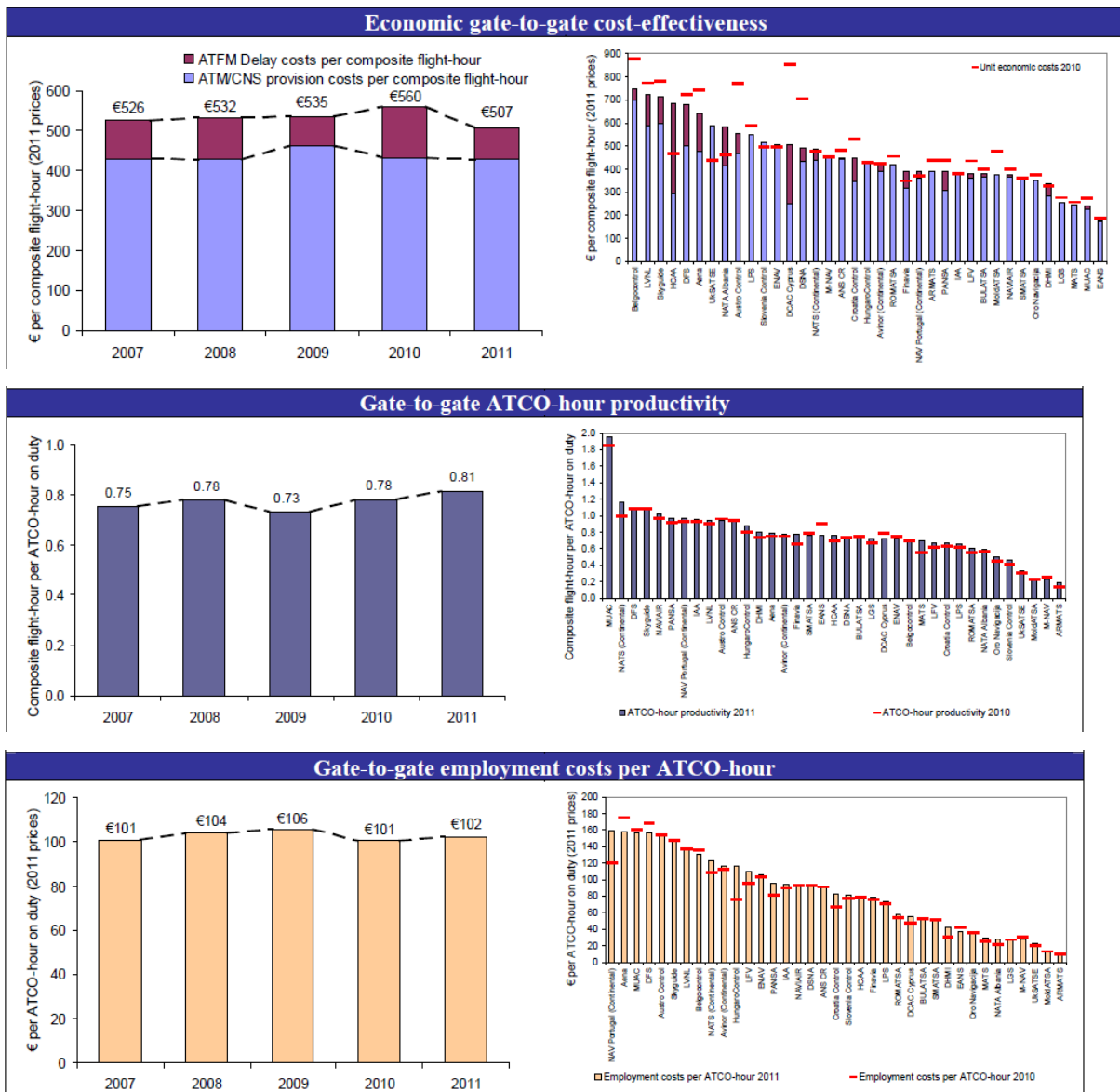
Сл 3.20: Различни компоненти и економичност

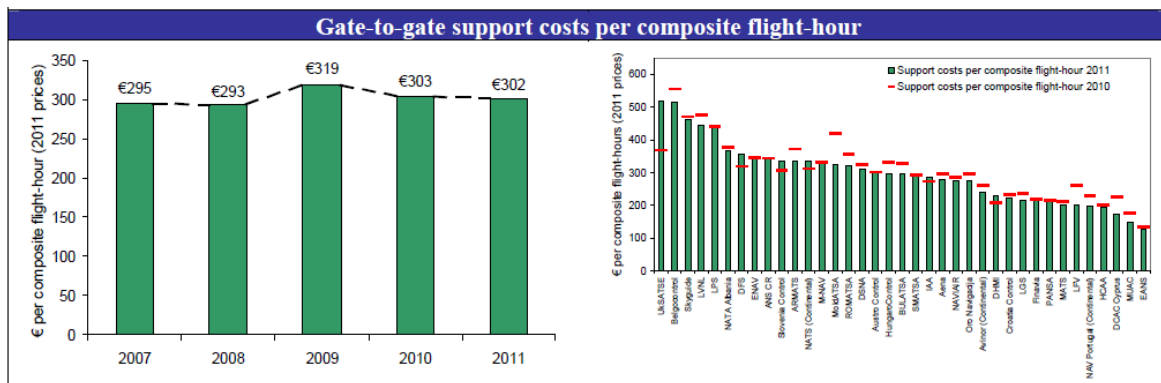
Извор: Performance Review Report, <http://www.eurocontrol.int>

Во 2011 година, зголемувањето на продуктивноста на контролорите на летање на час (+4.2%) беше следено со зголемување на трошоците за вработување за секој КЛ-

на час (+1.6%), што доведе до намалување на трошоците за вработување на КЛ за секој композитен час на лет (-2.5%).

На Сл. 3.21 прикажано е дека со зголемување на обемот на сообраќај за +4.1%, придружните трошоци се зголемиле за +3.6%, а како резултат придружните трошоци за секој композитен час на лет останаа прилично постојани (-0.5%). Во централниот дел на Сл. 3.21 е прикажано дека меѓу 2010 и 2011 година, земајќи ги предвид соодветните суми за трошоци за вработување на КЛ (30%) и придружните трошоци (70%), единечните трошоци за обезбедување на CNS/ATM трошоци се намалиле за -1.1%.





Сл 3.21: CNS/ATM услуги за секој композитен час на лет

Извор: Performance Review Report, <http://www.eurocontrol.int>

Економските трошоци за секој композитен час на лет се зголемиле во 14 ANSP во периодот меѓу 2010 и 2011 година. Значајни покачувања се забележани кај HCAA (+46%), UKSATSE (+34%), NATA Албанија (+26%) и Finavia (+12%). За HCAA, NATA Албанија и Finavia, покачувањето на единечните економски трошоци се должи главно на значајното зголемување на ATFM доцнења. Од друга страна, големото покачување на единечните економски трошоци во UKSATSE го одразува покачувањето на трошоците при обезбедување на CNS/ATM услуги за секој композитен час на лет (+35%) во 2011та.

Од друга страна, 23 ANSP би можеле да остварат намалување на единечните економски трошоци во 2011 година. Ова е особено случај со DCAC Кипар (-41%), DSNA (-30%), Austrocontrol (-28%) и MoldATSA (-21%). ATFM доцнењата биле абнормално големи во 2010 година во DSNA како резултат на општествените тензии. Во 2011 година се обрна внимание на ова прашање и нивото на доцнења во DSNA се намали на ниво на она во 2007 и 2008 година. Значајно намалување на единечните економски трошоци забележано во MoldATSA главно се должи на пониските трошоци за обезбедување на CNS/ATM услуги за секој композитен час на лет во 2011 година.

Намалувањата на единечните економски трошоци забележани во DCAC Кипар и Austro Control главно ги одразува значителните намалувања на единечните трошоци кои се резултат на доцнењата на Управување на движењето во воздушниот сообраќај (Air Traffic Flow Management – ATFM), (т.е. -55% и -72%). Иницијативите за подобрување на секторските конфигурации и дополнителниот персонал довеле да се намали значително обемот на ATFM доцнења во Austro Control. Во DCAC Кипар,

имплементирањето на мерки за зголемување на капацитетот во комбинација со намалениот сообраќај доведе до намалување на обемот на ATFM доцнења во 2011 година. Треба да се забележи дека придонесот на ATFM доцнења кон единечните економски трошоци во DCAC Кипар е многу голем и изнесува 51% во 2011 година.

3.3.7. ЗАКЛУЧОЦИ ЗА ЕКОНОМСКИТЕ ПОКАЗАТЕЛИ

На системско ниво, 2011 год. беше година на голем пораст на сообраќај (+4.9%). ANS трошоците се намалија за -0.4% главно како резултат на еднократно намалување на трошоците на EUROCONTROL и како резултат на мерките за справување со реалните трошоци кои беа применети од страна на некои држави. Како резултат, реалните рутни единечни трошоци се подобрија во втората година (намалување од -5.0% во 2011 година во споредба со 2010 година).

Она што ја обележи 2011 е дека ова за SES државите/ANSP е последна година од методот „целосно покривање на трошоци“ во однос на рутните. SES државите и ANSP усвоија метод на „одредени трошоци“ со договори за споделување на ризик одреден во регулативата за наплати, кој има цел да го поттикне економичното работење на ANSP.

Плановите и прогнозите за единечните трошоци за периодот 2012-2014 покажуваат просечен годишен тренд на намалување од -1.5% р.а. во споредба до актуелните податоци за 2011 година. Најновиот преглед на сообраќај за 2012-2014 година е ревидиран во споредба со плановите и прогнозите. Државите ќе треба да ги прилагодат нивните трошоци кон ова забавување на сообраќајот како би се одбегнале значителните покачувања на единечните трошоци. Државите кои работат според одредени трошоци и според механизми за споделување на ризикот во сообраќајот ќе треба да ги одбегнат големите финансиски загуби во RP1.

Сложените анализи на терминалните ANS трошоци укажуваат дека во однос на втората година во редот, терминалните ANS трошоци (-2.0%) и единечните трошоци (-6.0%) се намалија реално во SES државите. Се планира ANS терминалните трошоци да се намалат уште во текот на RP1 (-0.3% р.а. во просек).

Терминалните ANS економски информации варираат меѓу држави и во различни периоди, иако нивниот квалитет и квантитет постепено се подобрува.

Разликите во алокацијата на трошоци може да влијае на анализите на економичност на рутни и терминални трошоци. Затоа треба да се следи gate-to-gate перспективата во однос на мониторирање на економичното работење на ANSP.

Анализите на стандардите се спроведуваат на ниво на ANSP, со мал преглед на ниво на FAV. Се идентификуваат областите каде има подбрување на економичното работење, особено во однос на трошоците за продуктивност и придружни трошоци.

Сложените анализи на стандарди во ANSP, покажуваат дека пониските единчени економски трошоци забележани на паневропско системско ниво во 2011 година (-9.4%) го одразува главно намалувањето на ATFM доцнења во споредба во 2010 година (-37.7%), додека gate-to-gate единечните трошоци при обезбедување на CNS/ATM услуги се намалиле за -1.1%.

ГЛАВА 4

НОВА МРЕЖА НА ВОЗДУШНИ ПРАВЦИ

4.1. Вовед

4.1.1. ОПИС НА ЕЛЕМЕНТИТЕ

4.1.2. КАРАКТЕРИСТИКИ WATEN

4.2. Формирање на мрежата WATEN

4.2.1. ГЛАВНИ ПРАВЦИ

4.2.2. ПОМОШНИ ПРАВЦИ

4.3. Управување на WATEN мрежата

4.3.1. АДМИНИСТРАТОР НА МРЕЖА

4.4. Технички системи

4.4.1 НАВИГАЦИЈА

4.4.2 КОМУНИКАЦИЈА

4.4.3 НАДЗОР

4.4.4 МЕТОРОЛОГИЈА

4. НОВА МРЕЖА НА ВОЗДУШНИ ПРАВЦИ

4.1. Вовед

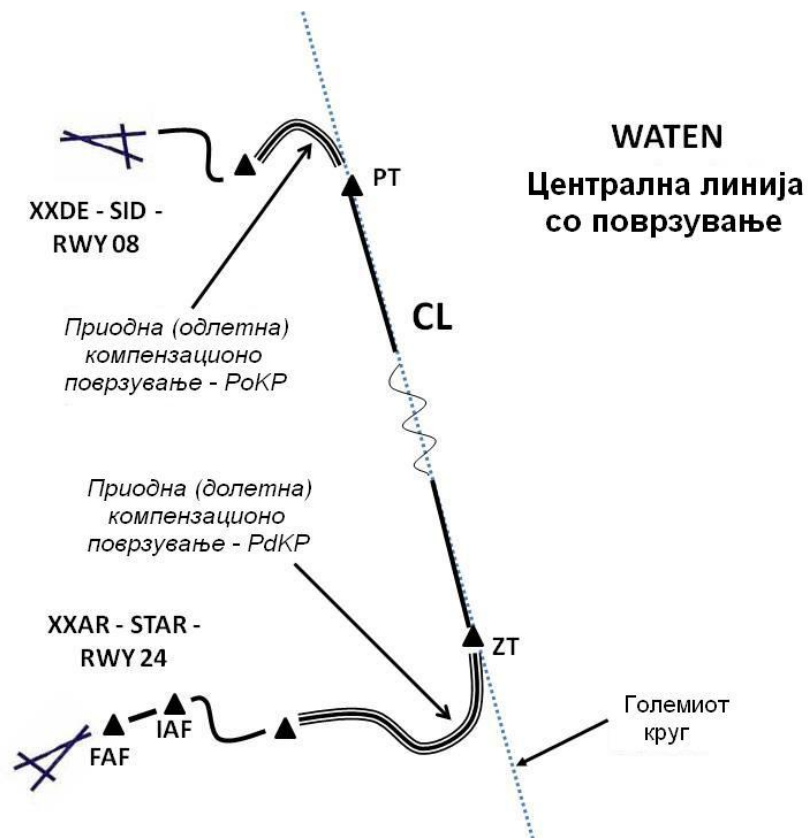
Светската мрежа на еластични воздушни правци (World Air Track Elastic Network – WATEN)²⁰ е мрежа на воздушни правци којашто овозможува поврзување на аеродромите во мрежа, најкратки конекции односно должина која е дел од големата географска кружница. Кружница е дел од кругот и претставува пресек на земјината топка, а центарот е центар на земјината топка). Геометриски, WATEN претставува бесконечен број на големи кружници како и делови на големи кружници кои поврзуваат две или повеќе точки на површината на земјината топка. Точките што треба да се поврзат се аеродромите коишто ја опслужуваат комерцијалната воздухопловна авијација. Во практична смисла, WATEN претставува теоретски најповолна мрежа на воздухопловните правци. Благодарение на WATEN, аеродромите се поврзани на најкраток можен начин. Оваа мрежа е конечна и претставува идеален облик на сите правци на воздушните мрежи која преку развојот и унапредувањето на хипотезата да се постигне крајниот развој на неговиот облик, кој се поклопува со обликот на мрежата WATEN.

4.1.1. ОПИС НА ЕЛЕМЕНТИТЕ

Елементите WATEN линија се:

1. Централна линија (CL) - должината која е дел од „големите кружници“, и која поврзува две или повеќе точки во линија (аеродромите) (Сл. 4.1)
2. Почетна точка на WATEN²¹ линијата (PT) - претставува точка на големата кружница каде се поврзуваат приодни (одлетни) компензациски поврзници на едната страна, а во другата страна - крајната точка Стандарден одлет со инструменти (Standard Instrument Departure - SID) на аеродромите за полетување (ќе користиме вештачка генеричка ICAO кратенка за аеродромските полетувања XXDE);

²⁰ Ibid., Supra 14



Слика 4.1: WATEN со основните елементи: централна линија, почетна точка, завршна точка, поврзување

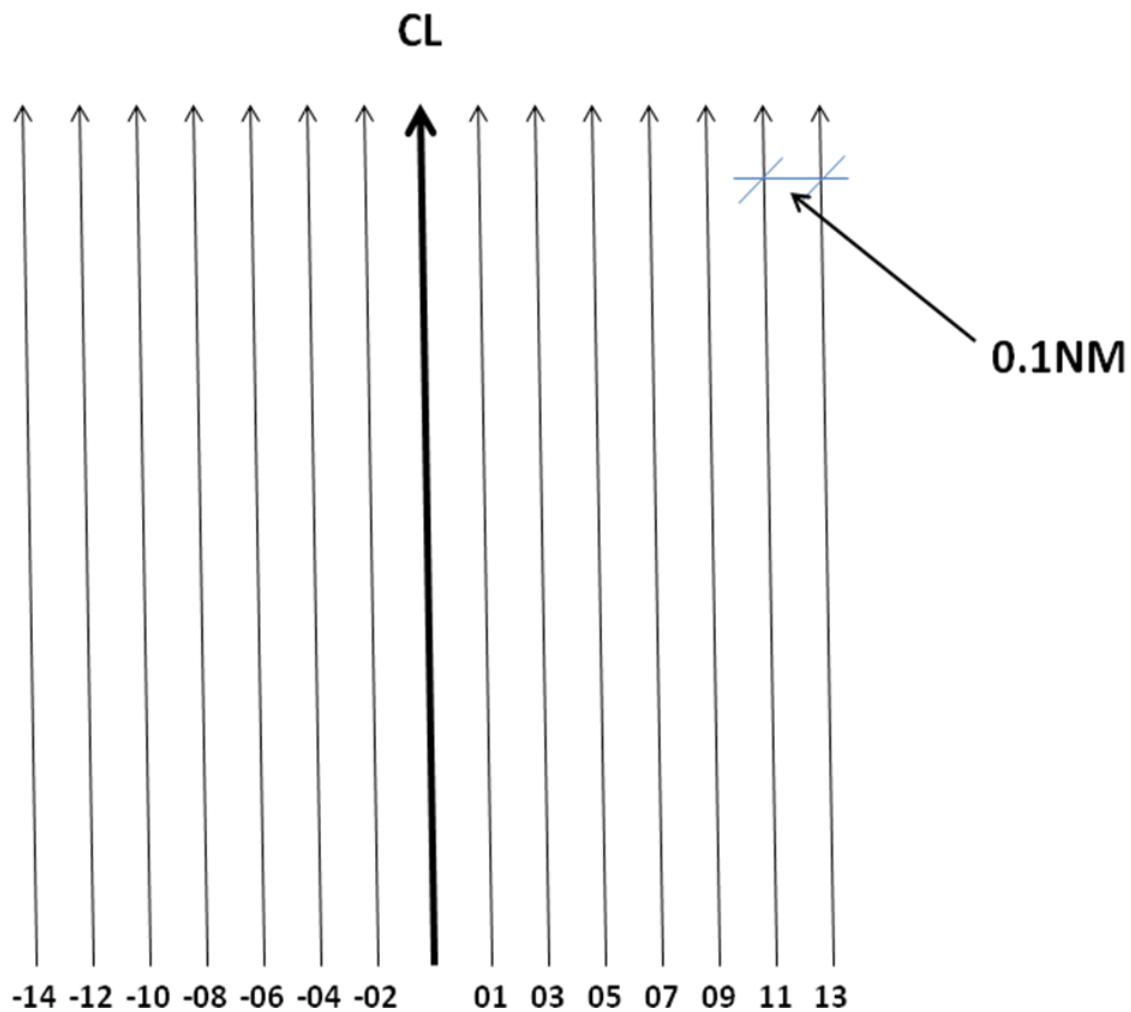
Извор: Изработено од кандидатот

3. Завршна точка на WATEN²² линијата (ZT) - претставува точка на големата кружница, дел кој поврзува приодна (долетна) компензациска поврзница на едната страна, а од друга страна, за почетната точка Стандардна патека на приодот (Standard Terminal Arrival Route – STAR) на аеродроми на доаѓање (ќе користиме вештачка генеричка ICAO²³ кратенка на аеродромот при слетување на XXAR);
4. Неограничен број на бочни линии што се паралелни со централната линија и поставеност на далечина од 0.1 NM една од друга од двете страни на централната линија.

²² Ibid., Supra 14

²³ Ibid., Supra 20

Од десната страна на централната линија во правец на WATEN²⁴ линијата, се непарните бочни линии, а од левата страна - парните бочни линии (Сл. 4.2).



Слика 4.2: Централна линија WATEN со непарни и парни бочни линии

Извор: Изработено од кандидатот

Напомнување 1: WATENX, поставен во систем на бочните линии од двете страни на централната линија, но нивната одалеченост од централната линија е 0.01 NM.

Напомнување 2. WATENX3 е тридимензионален систем кој се состои од неограничен број на копии на WATEN структурата над и под основната структурирана вертикална одалеченост од 50 стапки од Основната структура, и една од друга овозможувајќи на нејзината структура создавање на удобност на воздухопловот пред позиционирањето во една рамнина како во случајот со

²⁴ Ibid., Supra 14

WATEN и WATENX, позиционирање и во вертикално поставени на повеќеструктурни рамнини на кои Централната линија на Основната структура ја претставува исто така Централната линија во целата 3Д структура. Основната структура според своите елементи и особини е слична со едноструктурната WATEN структура.

Централната линија заедно со сите бочни линии сочинува збир на должинските линии.

Неограничен број на GRID линии што ги сечат централната линија и бочните линии под прав агол.

Главната линија (ГЛ) е основна GRID линија која се дефинира како координата на Главниот воздухоплов, кој по правило ја следи централната линија, а во исто време главната линија со иста брзина го следи движењето на Главниот воздухоплов (поставувајќи се така, Главниот воздухоплов во нулта точка на координатниот систем кој ја сочинува Централната линија и Главната линија). Овој вид на координатен систем има четири припадни квадранти во кои се акомодираат придружните авиони кои се со Главниот воздухоплов, како и меѓу себе се раздвоени со помош на процедурите за раздвојување на воздухопловите на WATEN поставеност за минимума за раздвојување WATEN.

Напоменување 3: Главната линија заедно со сите GRID линии сочинува збир на напречни линии.

Неограничен број на позиции за воздухопловите кои се формираат со вкрстување на сите надолжни и попречни линии. Сите позиции можат да се искористат за поставување на воздухопловот во лет и така се дефинира односот на позиција на тој воздухоплов со позицијата на главниот авион – ГА. Главниот авион во повеќето случаи има релативни координати 0-0 доколку секој друг придружен авион ќе има вистински координати кои го покажуваат тој координатен систем каде Централната линија е исто така *x оска*, а главната линија – *y оска*.

Напоменување 4: Координатите на глобалниот систем на географските координати се одредуваат со позицијата на главниот авион, а релативните координати на придружните авиони се пресметува со додавање на релативни вредности на нивните координати.

Ознаката на секоја позиција на воздухопловот се добива така што се претставува со број кој се состои од ознака на бројот на напречните линии што претставува вредност x , и ознаката (бројот на должинската линија) што ја претставува вредноста на y .

Единствена ознака на позицијата е ознаката на позицијата на воздухопловот кој содржи број на линијата WATEN, број на WATEN групите (број BA, број на авиони и придружби) и број на позиции на воздухопловите.

Релативната ознака на позицијата е ознака на позицијата на воздухопловот во рамките на WATEN групата.

WATEN група е збир на сите воздухоплови кои се во однос со Главниот авион и авионите кои го следат на WATEN линијата. Главниот авион на таа група е наедно и член на таа група.

Меѓусебното раздвојување на воздухопловите на позиции е базирано на минимуми за раздвојување на WATEN линиите, условно на категоријата на воздухопловот. Оваа категорија се одредува за секој воздухоплов кој користи WATEN и служи за примена на метод за раздвојување на воздухопловите во WATEN структурата.

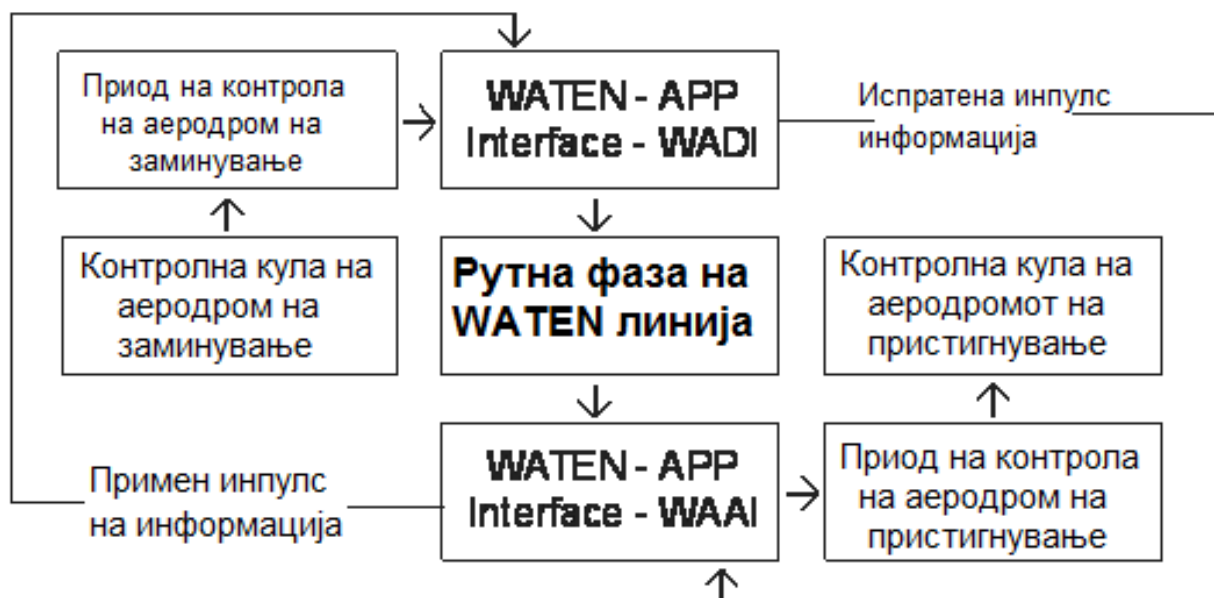
Напоменување 5: WATEN структурата е систем од две или повеќе WATEN линии кои служат за акомодирање на сообраќајот на спротивни страни меѓу исти аеродроми.

WATEN линијата ги акомодира воздухопловите кои летаат во еден правец. Воздухопловите кои летаат во спротивен правец ги акомодира друга WATEN линија, која е бочно поместена од претходните за ширина на премин во случај на опасност што го користат воздухопловите во постапка на принудно понирање од опасни причини.

Ширината на премин во случај на опасност ја одредуваат прописите за раздвојување на воздухопловите во WATEN линиите, собрани со резервниот простор, одреден е со можните навигациски грешки коишто го доведуваат авионот во опасност.

Ознаката на WATEN линијата содржи број на одредени правци на WATEN линии сè до две линии во спротивни правци, кои ја чинат WATEN структурата означена како компатибилна.

WATEN компензациските поврзници се елементи кои служат да ја поврзат WATEN линијата со конвенционалната мрежа во рутната или во преодната фаза на летот. Според својата природа, конвенционалната мрежа е постојана и гео-фиксирана, WATEN, од своите особини на еластичност мора со конвенционалната мрежа да создаде компензациски поврзувања кои овозможуваат воздухопловот, кој напушта еден вид на мрежа, да може да продолжи со својот лет, акомодиран во друг вид мрежа во двата правци - од конвенционалната мрежа во WATEN линијата и обратно. Премиот од една во друга мрежа се вика компензација. (Сл. 4.3).



Слика 4.3: WATEN компензациски поврзници

Извор: Изработено од кандидатот

4.1.2. КАРАКТЕРИСТИКИ WATEN

WATEN е единствена, стандардизирана, постојана, флексибилна и еластична мрежа на воздушни правци.

Единствена е бидејќи може да се конструира само една таква мрежа. Таа е како една идеална, единствен можен резултат на сите развојни мрежни планирања, правци во воздушниот сообраќај на глобално и локално ниво; лесно може да се антиципира

на облик и во економска смисла на комерцијалниот воздушен сообраќај (како и на други облици на воздушниот сообраќај - воен итн.).

Подгрупата за развој на рутните мрежи (прим.: во Европа - Route Network Development Subgroup –RNDSG)²⁵ секоја година е координирана од сите учесници во европскиот воздухопловен сообраќај и најблиската околина, ја прилагодува мрежата на воздушните правци според потребите на комерцијалниот воздушен сообраќај. Евалуацијата на конвенционалната мрежа која оди кон крајниот облик, со директни и најкратки поврзувања (може да констатираме постигнување на обликот на структурата WATEN како нејзина завршна форма), на сите континенти и во сите светски региони, има цел мрежите да се усовршат до тој степен што ќе се оствари идеално поврзување кое е застапено во WATEN структурата.

Стандардизирана е според примената на еднаков избор и организација на елементи кои и не мора да се прилагодуваат на локалните карактеристики и сообраќај. Особините на тие елементи се прилагодени на сите делови на светските мрежи. Од важност е стандардизацијата на WATEN - дека таа ќе биде имплементирана во фази според региони на светските мрежи во склоп на можностите на глобалната заедница од причини што различните нивоа на политички и технички развиени делови на светската заедница, подготовки и претпоставки во услови на фазна инсталација и имплементација на начин како што се досега имплементирани програми, како RVSM (Reduced Vertical Separation Minimum – Редуциран минимум за вертикално раздвојување), TCAS, Mode S, 8.33.

Стандардизацијата е од голема важност за теоретска примена и оперативност што ќе се оствари од еден регион во друг без потребни истражувања (прим.: за друг регион, а со директно имплементиран постигнат резултат во полето на теоретско и практично изучување и со директна примена на веќе проверени процедури за оперативно работење).

Постојната мрежа обезбедува нејзина флексибилност и еластичност.

Во случај на правни пречки (забрана, блокирање, воени конфликти, недостаток на соработка меѓу одредени земји членки итн.) и на физички пречки (метеоролошки појави опасни по воздушниот сообраќај, вулканска активност, несреќи со нуклеарни и

²⁵ Ibid., Supra 12

други постројки коишто ја загрозуваат безбедноста и редовното одвивање на воздушната пловидба итн.), последиците за редовно и безбедно одвивање на воздушниот сообраќај се предвидуваат во неможноста на конвенционалните мрежи да компензираат такви удари и да примат ист обем на сообраќај.

Не може да се очекува целосна компензација на настанатите нарушувања, од причина дека другите делови на мрежи кои треба да прифатат нови оптоварувања, настанале со селидба на сообраќајот и од опструирани делови на мрежата. Во тој момент можат да имаат значаен капацитет на пополнетост на својот планиран капацитет, така што не може да ја акомодираат новонастанатата потреба која по правило е ургентна, а понекогаш моментална.

Поради своите особености на еластичност, WATEN покажува најголем квалитет, така што еластично се прилагодува на настанатите пречки и го задржува обемот во сообраќајот, кој бил планиран без потреба на регрутација. Единствен впечаток на сообраќајот во тој случај би било ослабено поврзување на локалните инсталации и аеродроми и оние кои се зафатени со правни или со физички пречки, така што нивното поврзување со мрежата ќе биде оневозможено.

Еластичноста може да го овозможи и тоа, сите WATEN линии да ги задржат своите називи, така што и во еластичните закривувања воздухопловот се наоѓа на истата линија. Така се постигнува да не се вознемирува меѓусебното раздвојување на воздухопловите и групата на воздухоплови кои ја следат линијата. Единствената разлика што се појавува е во однос на релативната навигација што се однесува на земјината површина и која служи за мерење на еластичното закривување односно зголемување поминатиот пат, во случај на еластично закривување и неговиот допир со економичниот лет. Резервите на гориво мора да бидат испланирани така што да можат да поднесат очекувани и неочекувани искривувања.

Флексибилност на WATEN е способност со планиранираната дведимензионална и тридимензионална структура да се прилагодува кон различни типови на воздухоплови што ќе се користат. Нејзиниот најголем капацитет ќе биде остварен во случај на користење на стандардизирани модели на воздухоплови или на мал број на стандардизирани модели со користење на неограничен број модели на воздухоплови според критериум на брзини, максимална висина и други карактеристики, како Wake Turbulence Categories – Категории според осетливост на турбуленции. Внатрешната

структурна организација со својата флексибилност и автоматското следење и контрола на сообраќајот овозможува структурно раздвојување на секој тип на воздухоплов со секој друг тип на воздухоплов подеднакво.

Поради наведените особини, WATEN е иднина на воздушниот сообраќај, бидејќи е идеален облик на мрежа за раздвојување на сите постоечки глобални и локални мрежи со особини што се крајни облици на развиените особини на конвенционалната мрежа.

4.2. Формирање на мрежата WATEN

Формирањето на мрежата WATEN ќе се изврши во етапи (фази). Во склоп на планот за формирање на мрежата WATEN, правците содржат:

1. Анализа на постојниот сообраќај и најјургентните мерки што ќе овозможат поставување на WATEN правците во региони или делови од региони коишто имаат изразени загуби поради недостаток на конвенционалните мрежи;
2. Прогноза на развојот на сообраќајот со план за идниот развој на правците на мрежата WATEN;
3. Меѓународни регулативи коишто го регулираат поставувањето и користењето на WATEN мрежата;
4. План за развој на локалната регулатива што се однесува на поставувањето и користењето на WATEN правците;
5. Заклучен план на билатерални и мултилатерални договори за соработка на земјите членки каде што воздушниот простор кои го контролираат поминува низ WATEN правците;
6. План за формирање на центри за контрола на сообраќајот коишто користат WATEN правци и мрежа;
7. План за лиценцирање на воздухопловот и персоналот, поврзано за оперативните задачи и опслужување на WATEN мрежата;
8. План за сертифицирање на техничките средства што ќе се користат во автоматската контрола и раздвојување на воздухопловите во WATEN мрежата;
9. Одлуки на претставници на меѓународните органи и елементи на стратегија за развој на мрежата на WATEN правците.

4.2.1. ГЛАВНИ ПРАВЦИ

Врз основа на одлуката на управниот орган, на база на анализа и предвидување на сообраќајот, се воспоставуваат главните и помошните правци на WATEN мрежата. Главните правци се оние правци што поврзуваат дестинации од поголемо влијание за глобалниот воздушен сообраќај поточно од комерцијално влијание и ефект врз загубите што се предизвикани од дефекти на конвенционалната мрежа на воздушните правци.

Оттука произлегува дека главните правци се поставуваат меѓу дестинацијата, која е од поголемо влијание во глобалниот или регионалниот сообраќај според критериумите за заштеда на глобалниот или регионалниот сообраќај, а не на поединечната заштеда.

Цел на главните правци е по најкуса и најекономична траекторија да го доведе воздухопловот од точката на приклучување на главниот правец до дестинацијата (аеродромот) или до точката на приклучување и во друг главен правец, или до точката којашто е во планот на летање по барање на користење на конвенционалната мрежа.

Аеродромите може да бидат директно или индиректно споени на главните правци со два или повеќе главни правци. Во тој случај сообраќајот преминува од еден на друг главен правец со цел остварување на летот меѓу тие два аеродроми, или со комбинација на главни и помошни правци или директно на помошни правци или комбинација на повеќе помошни правци. Аеродромите од најниска категорија немаат врска со WATEN мрежата, но можат да ја постигнат непосредно преку конвенционалната мрежа на воздушните правци којашто е поврзана со помошниот WATEN правец или остваруваат своја врска само со посредство и врска на правците од конвенционалната мрежа.

4.2.2. ПОМОШНИ ПРАВЦИ

Помошните правци се оние правци што ги поврзуваат дестинациите коишто имаат најголеми влијанија во воздушниот сообраќај односно комерцијален ефект и ефект на намалување на настанатите недостатоци на конвенционалната мрежа на воздушните правци. Во секој случај, тие треба да одговараат на карактеристичните

главни правци, освен во случај на конфликт со главниот правец во текот на формирање на отстапка на приоритетот на главните правци.

Функцијата на помошните правци е по најкраток и најекономичен начин траекторите да го доведат воздухопловот од приклучната точка на помошниот правец до аеродромите на таа дестинација, или до точка којашто е во план на летот што е побаран на користење на конвенционалната мрежа како и да служи за вклучување на сообраќајот во главните правци.

Бидејќи комерцијалниот регулатор WATEN мрежа ќе биде вреден за користење на дел од WATEN правците во единица време за даден период на користење, таа ќе биде поволна во случај на користење на помошни правци во однос на главните правци.

Во однос на другите правци, главните правци нема да изгубат приоритет, но се обезбедува рамноправност на правилата за раздвојување на воздухопловите како помошни правци во однос на другите помошни правци нема да го изгуби приоритетот од таа причина. Единствен приоритет кој може да произлезе во однос на правците од таа категорија е оној којшто произлегува од правилата на раздвојување на воздухопловите, посебно во случај на опасност.

4.3. Управување на WATEN мрежата

4.3.1. АДМИНИСТРАТОР НА МРЕЖА

WATEN е регулиран според позитивните прописи на воздухопловите на Интернационалната организација за цивилното воздухопловство ICAO, а спецификата од страна на ICAO WATEN Регулаторот - IWR.

WATEN Регулаторот ги пропишува правилата и прописите за примена на WATEN стандардите за воспоставување на мрежата и нејзиниот оперативен труд. Земјите членки ратификуваат договор на воспоставување на WATEN структури над своите територии, т.е. територии што ги контролираат.

WATEN стандардите од страна на IWR се подготвуваат за оперативни процедури за следење и контрола на воздухопловот којшто користи WATEN. Нив ги спроведува WATEN администраторот, систем на автоматско следење и управување на сообраќајот со којшто сите корисници се во постојан контакт преку авионскиот уред WATEN Mode –

WMODE. Овој уред врши прием на информации и инструкции што се потребни за лет на WATEN линијата и предавање на оперативни и технички податоци на воздухопловите.

WATEN администраторот врши работи на вметнување на сообраќајот која се потпира на стратешкото планирање на основните планови на летови коишто се однапред доставени на WA на одобрување, како и работи на следење и раздвојување на воздухопловите во WATEN. Пред приклучување и исклучување на WATEN линијата, секој авион добива одобрение од WA.

Автоматскиот систем за следење на воздухопловот, своите проценки за меѓусебно раздвојување на воздухопловот заради правни и физички пречки се базира на рефернциите на воздухопловите (главниот авион – BA), кој се селектира во група на воздухоплови коишто точно се одредени во рамките на максимално меѓусебно раздвоени. Уредот во авионот за раздвојување на главниот авион презема улога на локален администратор во групата и во координирањето со WA - прима наредби за преземање на позиции на летови и издава одобрение за нивно напуштање. Главниот воздухоплов се одредува според критериуми на најблискиот географски центар на групата.

4.4. Технички системи

4.4.1 НАВИГАЦИЈА

Основи на навигацијата на WL е сателитската навигација којашто се применува во глобалните навигациски средства.

Навигацијата што ги води воздухопловите и коишто го следат WL е посредник во однос на површината на земјата и директна во однос на WL.

4.4.2 КОМУНИКАЦИЈА

Во текот на летањето на WL, комуникацијата со WA се воспоставува со помош на WATEN Modification – Wmod. WR пропишува стандарди и протокол за комуникација меѓу WA и WMod.

Постои постојана автоматска комуникација меѓу WA и WMod со цел автоматска контрола и раздвојување на авионите на WL и говорната комуникација, која се воспоставува со WATEN контролорот (WATCO – WATEN Air Traffic Control Officer), кој е задолжен за контрола и раздвоеност на авионите, или за тоа кој од автоматските системи за контрола и раздвојување или авионски уред откажал. Оваа комуникација е говорна (усна) или се користи CPDLC. Стандардите во говорната и директна комуникација со помош на линкот се регулирани со регулативата на ICAO. Во случај на отказ, кај повеќето авиони WATCO може привремено да преземе контрола и раздвојување на тој број на авиони, а како постојана мерка WL се исклучува за преостанатиот сообраќај во тој сектор и иницира закривување на WL кој ќе го обиколи секторот.

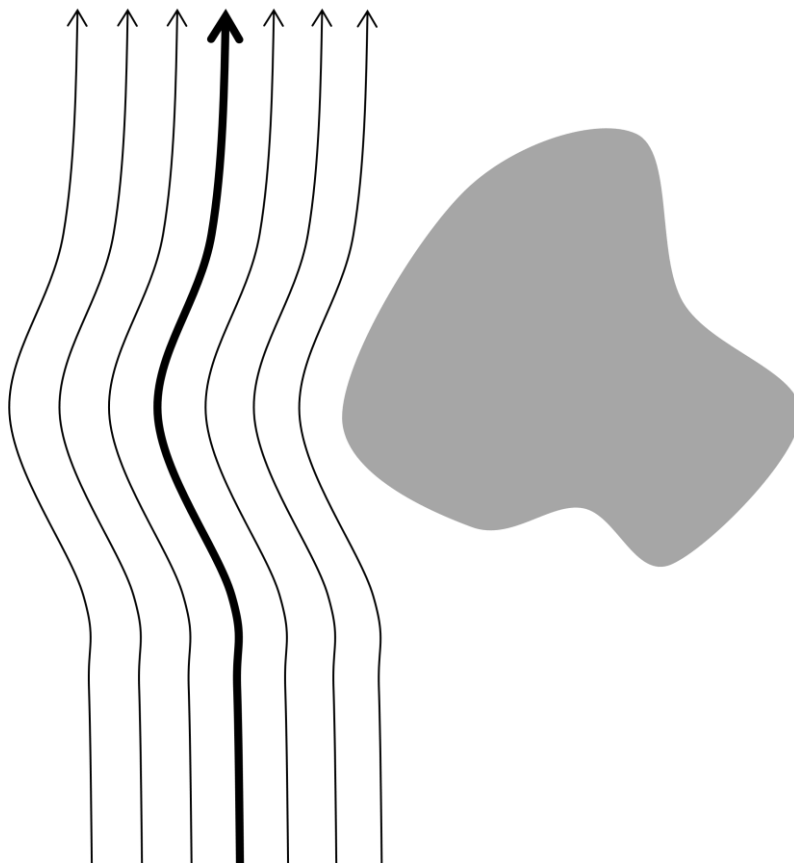
4.4.3 НАДЗОР

Надзор над WATEN мрежата е основа за контрола и раздвојување на воздухопловите во WATEN мрежата. Надзорот над WATEN структурата ја спроведува WA со помош на надзорни средства: радарски уреди, VDLMod, ADS-B, мултилатерација и други одобрени средства за надзор. Надзор над мрежата со помош на сертифицирани системи се спроведува и од страна на WATCO – специјализирани контролори на WATEN сообраќајот- WS, кои поседуваат квалификација на инженери на автоматските системи за управување и оперативни дозволи на контролорите на летање.

4.4.4 МЕТОРОЛОГИЈА

WA користи метеоролошки податоци, кои ги прибира меѓународната организација за опсервација на метеоролошките појави како извор за анализа на состојбата на атмосферата во однос на летањето во WL поради заобиколување на зони со опасни метеоролошки појави. Критериумите според коишто се врши закривување на WL можат да бидат под индивидуалните критериуми за одреден лет, каде екипажот на воздухопловот ќе посака додатно отстапување од WL поради заобиколување на овие појави. WA може да го зголеми еластичното закривување на целата WL, нејзиниот дел,

или ако се покаже како непрактично, да му се предложи процедура на дадениот воздухоплов за напуштање на WL. Во прилог имаме еластично закривување на WL од причини - опасни облаци. (Сл. 4.4).

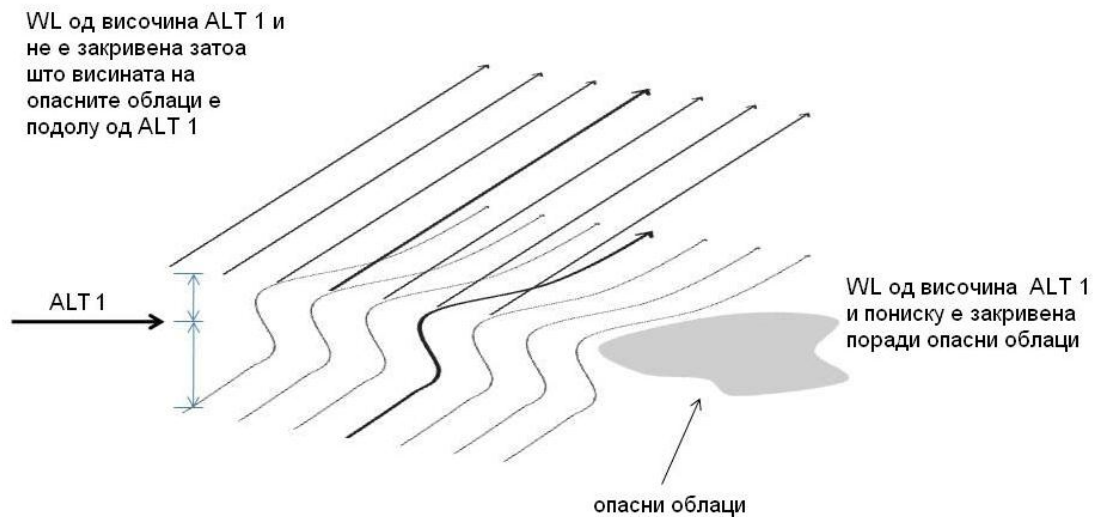


Слика 4.4: Еластично закривување на WL од причини - опасни облаци

Извор: Изработено од кандидатот

НАПОМНУВАЊЕ: поради воздушните метеоролошки податоци за безбедност на летање на WL, меѓународната метеоролошка организација ќе пропише стандарди и процедури за издавање на временски протокол којшто ќе овозможи безбедно користење на WL.

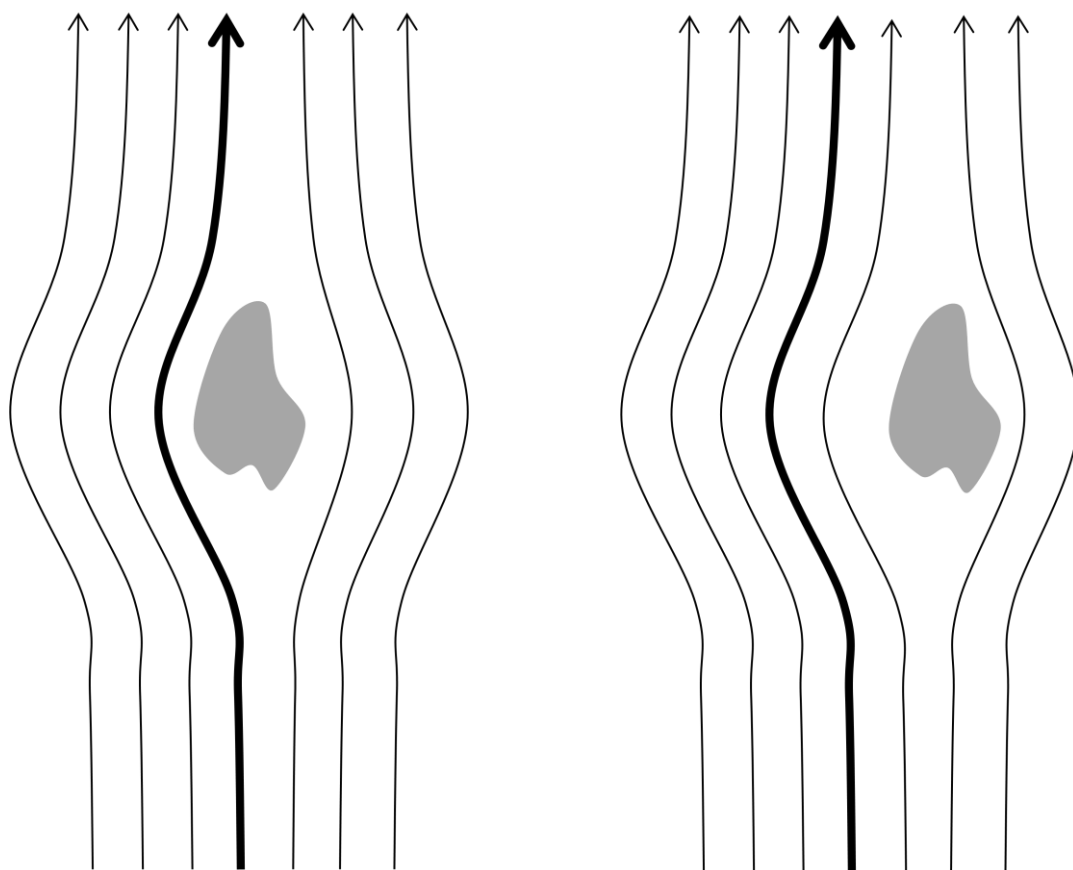
Ако некоја одредена метеоролошка појава на одредени висини може јасно да се идентификува, тогаш во склоп на безбедносните критериуми, WA ќе одреди закривување со одредување на висината, водејќи сметка дека различни закривувања за различни висини подразбира намалување на WATEN капацитетот, дека воздухопловот не може да ја промени својата висина доколку трае вертикалната сегментација на WATEN линијата. (Сл. 4.5).



Слика 4.5: Еластично закривување на WL (на левата страна) заради опасните облаци на сегментирање по висина

Извор: Изработено од кандидатот

Ако одредена метеоролошка појава (или друг вид пречка во случај на правни ограничувања итн.) е присутна по сите висини, WL еластично ќе се искриви на едната страна, или ако е практично, може да сегментира по хоризонтала заобиколувајќи со својата поделена структура од двете страни на препреката. Овој вид на сегментирање, исто така, го ограничува капацитетот на WL. (Сл. 4.6).



Слика 4.6: Еластично закривување на WL (на левата страна) заради опасните облаци на сегментирање по хоризонтала

Извор: Изработено од кандидатот

ГЛАВА 5

5. МЕТОДОЛОГИЈА НА ИСТРАЖУВАЊЕТО

5.1 Моделирање на синхронизацијата на сообраќајот

5.2 Структура на моделот и критериуми

5.2.1 НАВРЕМЕНОСТ

5.2.2. ТРОШОЦИ

5.2.3 АБОТНО ОПТОВАРУВАЊЕ

5.3 Алгоритам за синхронизација на сообраќајот

5.4 Дефинирање на сценарија

5.4.1 ВЛЕЗНИ ПОДАТОЦИ

5.4.2 ПРОТОК НА СООБРАЌАЈОТ

5.5 Анализа на резултатите од истражувањето

5.5.1 АНАЛИЗА НА РЕЗУЛТАТИТЕ ЗА ПЕРИОД 2009 ГОДИНА

5.5.1.1 Развој на сценарија за 2009 година

5.5.1.2 Вреднување (процена) на сценаријата за 2009 година

5.5.2 АНАЛИЗА НА РЕЗУЛТАТИТЕ ЗА ПЕРИОД 2012 ГОДИНА

5.5.2.1 Развој на сценарија за 2012 година

5.5.2.2 Вреднување (процена) на сценаријата за 2012 година

5.5.3 РЕЗИМЕ НА ДОБИЕНИТЕ РЕЗУЛТАТИ

5. МЕТОДОЛОГИЈА НА ИСТРАЖУВАЊЕТО

Во оваа глава прикажани се деталите од истражувањето (моделирањето, статистичката обработка и експерименталните симулации), вклучувајќи ја анализата и дискусијата на добиените резултати.

5.1 Моделирање на синхронизацијата на сообраќајот

Европските истражувачи работат во областа на управувањето на воздушниот сообраќај (УВС). Нивните истражувања се засновани на хипотезата дека кога сообраќајот е синхронизиран, тогаш би се зголемила ефикасноста на општиот систем на управување со воздушниот сообраќај, благодарение на тоа што фокусот е на управувањето и мониторирањето на протокот на сообраќај, а не на поединечните летови (EUROCONTROL EEC, 2004). Никој од нив сериозно не ја има разгледано *продуктивноста на контролорите*, а особено мониторирањето на процесот на прилагодување на брзината на воздухопловот и одредувањето на нивоата на лет за да се постигнат синхронизирани протоци. За да се утврди користа од синхронизацијата, потребен е модел во којшто ќе се вклучат различни субјекти во системот на УВС (воздухопловни компании, даватели на услуги, ефикасноста од самото користење на воздушниот простор). Овој модел мора да е јасен и едноставен за да може лесно да се управува со сите параметри и истите да се надгледуваат.

5.2 Структура на моделот и критериуми

На Сл. 5.1 е дадена едноставна структура на модел, кој се состои од три нивоа: врвот е целта на истражувањето, второто ниво е прикажано со критериуми за евалуација на параметрите, а третото ниво се состои од самите мерливи параметри. Избраните критериуми ги претставуваат барањата на корисниците на воздушниот простор:

1. Навременост – даватели на услуги (подобро користење на постојната рутна мрежа)
2. Работно оптоварување - контролори

3. Трошоци – воздухопловни компании



Слика 5.1 Структура на моделот на синхронизација (оптоварување)

Извор: Изработено од кандидатот

Параметрите ја карактеризираат дистрибуцијата на сообраќајот во однос на ограничувачките фактори: можностите на перформансите на воздухопловот, бројот на конфликтни ситуации, работно оптоварување на контролорите на летање и трошоците за време на прелетот. Овие параметри се пресметуваат пред и по синхронизацијата, и резултатите се споредуваат. Оваа споредба е потребна за да се истражат предностите и недостатоците на синхронизацијата. Последователно се откриваат потребните модификации на алгоритмот.

5.2.1 НАВРЕМЕНОСТ

Навременоста на протокот на сообраќај е под влијание на промените на траекториите на воздухопловот. Преку синхронизација на сообраќајот, нерамномерноста на дистрибуцијата на брзината на целното ниво на лет се губи со директно влијание на разни брзини на соседните нивоа на лет. Сообраќајот на целното

ниво на лет е ослободен од воздухопловот кој не ја следи истата целна брзина. Ова води кон рамнотежа на сообраќајот меѓу нивоата на лет, бидејќи летовите го менуваат нивото на лет од оние со повисока зафатеност кон оние со пониска зафатеност.

Исто така, со анализите се истражува дали алгоритмот влијае на групирачките (bunching) ефекти на воздухопловот. Во овој контекст, групирањето (bunching) се смета како изохронично доаѓање на повеќе воздухоплови на точката на рутата. Индексот на групирање (bunching) се користи како фактор со кој се опишува степенот на навременост. За проценка на навременоста се употребуваат четири вредности:

1. *Промените на дистрибуцијата на брзината на нивоа на лет* на двете разгледувани рути се оценуваат за да се опише степенот на синхронизација (ΔG_s). Во случај на целосна синхронизација на целната брзина; вредноста на промената за ова ниво на лет (FL) е нула. Но, исто така, мора да се разгледаат соседните нивоа на лет, зошто синхронизацијата влијае врз нив. За време на синхронизацијата, воздухопловите кои не може да се прилагодат на целната брзина се праќаат на соседните FLs. Со ова би можело да се зголеми бројот на брзини на овие нивоа на лет, со што навременоста на намалува. Ова има спротивен ефект на апсолутната навременост создадена на целните нивоа на лет. ΔG_s е намален. Бидејќи промената нема максимум, не може да се пресмета апсолутната вредност. Оттука следува дека промените во степенот на синхронизација на рутите се употребуваат и изразуваат како релативна вредност.

Промената е отстапувањето на ефективната вредност (RMS-root-mean-square). За да се споредат 2 сценарија, квадратните отстапувања на сите нивоа на лет (равенка 5.1.) се собрани, поделени со бројот на нивоа на лет за да се добие просечното отстапување на ефективната вредност (Root-mean-square) во рамките на нивоата на лет (MQW) (p-ка 5.2). Степенот на синхронизација ΔG_s се пресметува како однос на MQW по синхронизација и вредноста на MQW пред (p-ка 5.3).

$$SQW = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^n (x_{ij} - x_{m,i})^2 \quad (5.1)$$

Каде што:

- SQW. е збирот од квадратните отстапувања на нивоа на лет

- x_{ij} . е вредноста на брзината на воздухооловот j на FL_i

- $x_{m,i}$. е средната вредност на брзини на FL_i

- n . е бројот на воздухоплови во протокот на сообраќај

- p . е бројот на нивоа на лет во протокот на сообраќај

$$MQW = \frac{SQW}{(n-p)} \quad (5.2)$$

Каде што:

- MQW . е ефективното отстапување (root-mean-square) на нивоа на лет

ΔG_s се пресметува како однос на MQW по синхронизација и вредноста на MQW пред.

$$\Delta G_s = \frac{MQW_s}{MQW_0} \quad (5.3)$$

Каде што:

- 0 е индексот на вредноста пред синхронизација

- S е индексот на вредност по синхронизација

2. *Индекс на групирање (bunching index) (b)* се употребува како фактор со кој се опишува степенот на навременост на ниво на лет. Со индексот на групирање 0 би се опишал апсолутниот редовен проток; висок индекс на групирање значи нередовен проток на сообраќај.

Индексот се пресметува како збир на квадратните разлики на реалниот со теоретскиот капацитет (на еден воздухоплов) во секој интервал (p -ка 5.4). На пример, за да се пресмета индексот на групирање, 24 часа на ден се делат на n временски интервали, а n е бројот на воздухоплови на даденото ниво на лет. Теоретскиот капацитет на n интервали е еден воздухоплов. Следно, се одредува реалното оптоварување во секој временски интервал.

$b = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (c_j - l_j)^2$	(5.4)
<p>b - ... Индекс на групирање</p> <p>n - ... Број на воздухоплови</p> <p>c_j - ... Теоретски капацитет на воздухоплови</p> <p>l_j - ... Реално оптоварување</p>	

3. *Стандардно отстапување на пресметката на воздухоплови меѓу нивоа на лет* (р-ка 5.5) е мерка на степенот на дисперзија на податоци од средната вредност. Во овој случај, таа се употребува како параметар на рамнотежа на оптоварувањето на сообраќај. Преку промените на летови во друго ниво на лет кога не може да дојде до прилагодување на брзината, се менува дистрибуцијата на сообраќај на различни нивоа на лет.

$s = \sqrt{s^2}$	(5.5)
<p>s - ... Стандардно отстапување</p> <p>s² - ... Промена</p>	

4. *Момент на растурање (spread)* на воздухоплови на ниво на лет е квантитативен параметар кој се употребува за прикажување на навременоста на сообраќајот. Слично на индексот на групирање, со него се изразува отстапувањето од просечното оптоварување со воздухоплови во даден временски интервал (пр. 30 минути). Моментот на растурање е збир на квадратните отстапувања од средната вредност на воздухопловите на ниво на лет.

$$s_{xx} = \sum_{i=1}^n (x_i - x_m)^2 \tag{5.6}$$

Каде што:

- s_{xx} е моментот на растурање
- x_i е реалното оптоварување со воздухоплови
- x_m е просечното оптоварување со воздухоплови.

5.2.2. ТРОШОЦИ

Времето на прелет е од исклучително значење за воздухопловните компании од причина што тие сакаат до го поминат најкраткиот пат до својата цел за да имаат помала потрошувачка и пократко време кога минуваат низ даден воздушен простор.

1. Време на прелет

Менувањето на брзината влијае на трошоците кои произлегуваат од времето на летање кога се разгледува промената на времето на прелет низ воздушниот простор. Како резултат на фактот дека по синхронизацијата се употребува само една брзина на едно ниво на лет, времето на прелет може да се одреди прецизно. Се пресметува точно со едноставна равенка, и потоа се споредуваат резултатите од двете времиња на прелет (референтно сценарио и по синхронизација):

$t = \frac{s}{V_{TAS}}$		(5.7)
V_{TAS} [kt]	... Брзина (true air speed)	
t [min]	... Време на летање	
s [NM]	... Растојание	

Точното време на прелет е од особено значење за воздухопловните компании, бидејќи тие евентуално можат да ги оптимизираат (менуваат) интегрираните периоди во воздухоплови кога минуваат низ даден воздушен простор.

2. Потрошувачка на гориво

Разликата во трошоците е резултат на промената на потрошувачката на гориво. Во ова истражување потрошувачката на гориво е дополнителен параметар што е разгледуван, како и средство во експерименталната симулација.

5.2.3 РАБОТНО ОПТОВАРУВАЊЕ

Бројот на потенцијални конфликтни ситуации е значајно прашање. Да претпоставиме дека еден независен проток на сообраќај е организиран на нивоа на брзина. До конфликтни ситуации би дошло како резултат на вертикалните движења, но и при разминување со друг сообраќај. Со моделот на минимално растојание се дава потребното минималното растојание меѓу воздухопловите за да се избегне конфликтната ситуација. Гледано во досегашниот модел, еден контролор на летање има заштитена зона на воздухопловот, чии димензии зависат од брзината на

воздухопловот и потребното минимално раздвојување. Двата модела се применуваат при синхронизација за да се истражи интензитетот на конфликтни ситуации меѓу два протока на едноставен премин веднаш штом летовите се синхронизираат.

Сепак, во случај на оптовареност, првичното истражување се фокусира само на бројот на вертикални движења кои може да доведат до зголемување на работното оптоварување на контролорите и до потенцијални конфликтни ситуации.

5.2.4 ВРЕМЕ НА ПРЕМИН

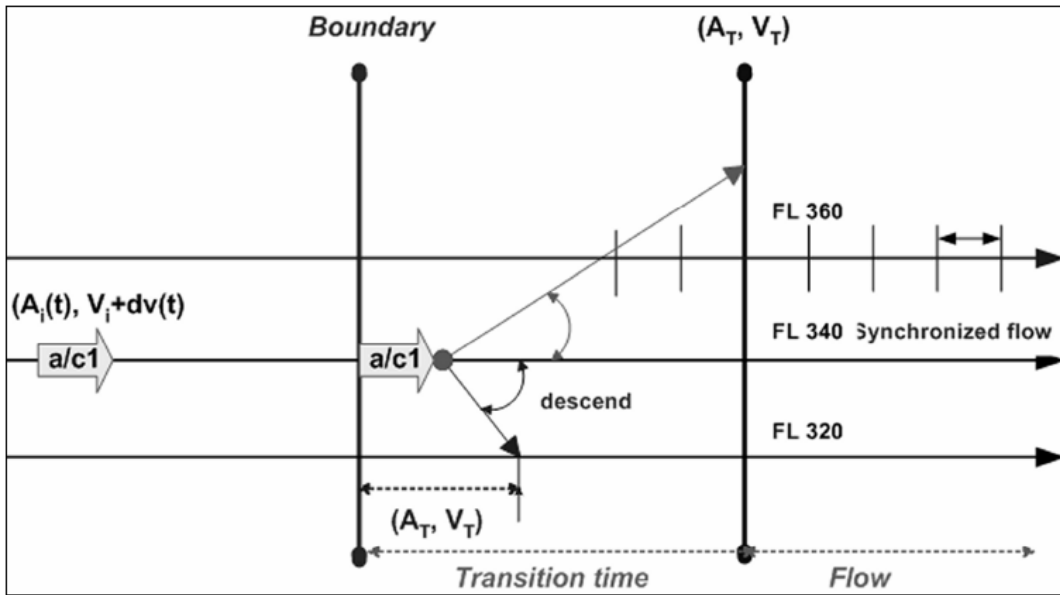
За да се направи синхронизиран проток на сообраќај, несинхронизирана состојба на даден сообраќај се менува во уредена. Во овој план, протокот изолира дел од сообраќајот на дадено ниво на лет одбрано според однапред одредени правила.

На воздухопловот, во опсегот на целната брзина му се даваат инструкции да ја одржи или прилагоди брзината за да се приклучи на синхронизираниот проток; инаку, му се дава инструкција да го промени нивото на лет. Во реалноста промената на нивото на лет зависи од факторите како што се работното оптоварување на контролорите и расположливоста на слотови на соседното ниво на лет, или од ограничувањата на перформансите на воздухопловот.

Цел не е само да се зголеми ефикасноста на рутата без да се обрне внимание на потребното време за реорганизација на сообраќајот кој доаѓа. Но, исто така треба да се земе предвид влијанието на должината на рутата за да се осигура дека синхронизацијата е полезна. Времето на премин (T_t) е различно за секој лет и зависи од обемот на сообраќај и расположливоста на слотот за целното ниво на лет. Прашањето е: колку време треба за да се трансформира несинхронизираниот сообраќај во синхронизиран? Дали во фазата на премин се опфатени еден или два сектора?

На Сл. 5.2.²⁶ е даден пример на промена на ниво на лет на воздухоплов и слика на фаза на премин.

²⁶ $V_i(t)$ [NM/h] – актуелна брзина, V_T [NM/h] – целна брзина, $A_i(t)$ [-] – актуелно FL, A_T [-] – целно FL



Слика 5.2: Време на премин

Извор: Изработено од кандидатот

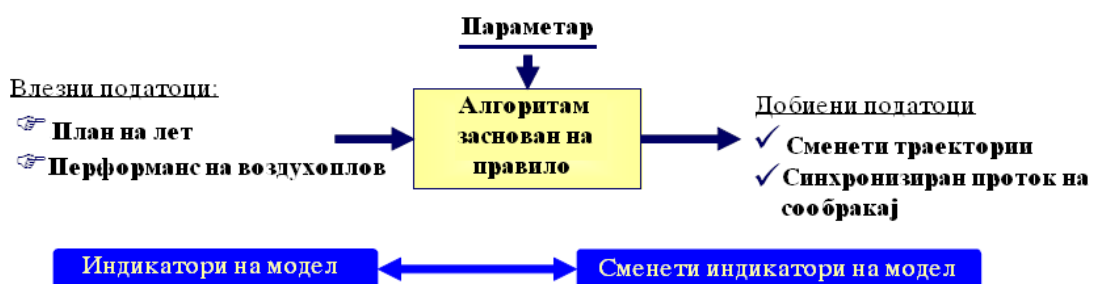
Процесот на синхронизација започнува веднаш штом воздухопловот ја помине границата на секторот. Ако ова не е изводливо во рамките на првиот сектор, вториот сектор ја следи истата процедура за да се подобри широчината на протокот итн.

Координацијата и организацијата на сообраќајот за да се добие синхронизиран проток е задача на контролорите.

За да се поедностави истражувањето, другите теми како што се неноминални временски услови или воен сообраќај не се разгледуваат.

5.3 Алгоритам за синхронизација на сообраќајот

На Сл. 5.3. е дадена структурата на моделот потребен за синхронизација на сообраќај.



Слика 5.3: Структура на моделот

Извор: Изработено од кандидатот

A) Влезни податоци

1. *План на лет*

Воздухопловните компании издаваат план на лет (FPL) и го пренесуваат до бирото за известување т.н. „С“ – биро. Доколу станува збор за повторлив план на лет (RPL), тој директно се дава на одделението, а за интегрирани планови за лет (IFPU). Овие информации во планот на лет се препраќаат до централната единица за управување со протоколот на сообраќај (CFMU). Како прелиминарни информации, исто така се испраќаат до давателите на услуги на воздухопловна навигација (ANSP), поконкретно во единиците на контрола на летање. Овие информации во планот на лет се влезни податоци за алгоритмот, кој се заснова на правило на летање и се менува во процесот на синхронизација

2. *Перформанс на воздухоплов*

За оваа влезна величина, се употребува базата на податоци на EUROCONTROL за воздухоплови (EUROCONTROL Base of Aircraft Data -BADA) како референца за перформанс на воздухоплови. Ревизиите на BADA се планираат на годишно ниво. Во сегашната верзија на (BADA 3.6) се даден фајлови со група на американски стандардни кодови за размена на податоци (American Standard Code for the Interchange of Information - ASCII) кои содржат оперативни податоци и податоци за перформансите на 295 различни видови на воздухоплови. За 91 вид, податоците се добиени со употреба на референци како што се прирачници за летање, оперативни прирачници итн. Овие се исто така наречени директно поддржувани воздухоплови. За други 204 вида, податоците се специфицираат исти како за 91 директно поддржуван воздухоплов. Земајќи ги предвид директно и индиректно поддржуваните воздухоплови, BADA обезбедува покриеност од 99.14% на европскиот воздушен сообраќај (Eurocontrol EEC, 2004).

Моделот BADA се состои од три поделби на податоци кои содржат различни информации:

- фајл за оперативни перформанси (OPF)
 - аеро коефициенти
 - коефициент на маса
 - ограничувања на можностите при летот
 - коефициенти на предната сила на моторот (engine thrust)

- коефициенти на потрошувачка на гориво
- фајл за процедури на воздухопловни компании (APF)
 - препорачани процедури за брзина при качување, крстосување и симнување
- фајл со табела на перформанси (PTF)
 - податоци за гориво и перформанси на лет при процедури за крстосување, качување и симнување според ISA услови.

Моделот кој се употребува е т.н. Модел на вкупна енергија (Total Energy Model - TEM). Тој се смета за редуциран модел на точка на маса. Со TEM се споредува стапката на работа на силите кои дејствуваат на воздухопловот со стапката на зголемување на потенцијална и кинетичка енергија. Со Operations Performance Model на BADA, покрај TEM, се одредуваат: вид на воздухоплов, маса, можностите за време на летот, аеродинамика, предна сила на моторот (engine thrust) и потрошувачка на гориво. Со Airline Procedure Model се одредуваат брзините кои треба да се развиваат за време на фазите на качување, крстосување и симнување.

Некои од податоците за перформансите кои се употребуваат за време на истражувањето се: брзина - true air speed (крстосување), стапка на качување/симнување, вредности за максимална висина, потрошувачка на гориво.

Б) Алгоритам

За да се синхронизира сообраќајот се креира алгоритам заснован на правило и тоа во четири фази. Пред да навлеземе во детали, корисно е да се објасни мотивот.

Во синхронизацијата, ако само со промена на брзината не може да се одбегне конфликтот, контролорот може да ја промени патеката на движење и тоа прво со промена на нивото на лет, а ако и тоа не е можно, со векторирање на летот. Со алгоритмот се добива просторно решение преку организирање на сообраќајот на нивоа на лет кои зависат од саканата брзина. Прво, сите летови на дадена рута, кои се вклучени во процесот на синхронизација се организираат на нивоа на брзина (за секое ниво на лет има брзина; проткот ја фиксира брзината на летот). Во втората фаза се селектира опсег на целна брзина врз основа на тековните преференци на целното ниво на лет. Со следниот чекор се испитува дали брзината на крстосување може да се прилагоди. Во однос на резултатот, или брзината се прилагодува, или се дава

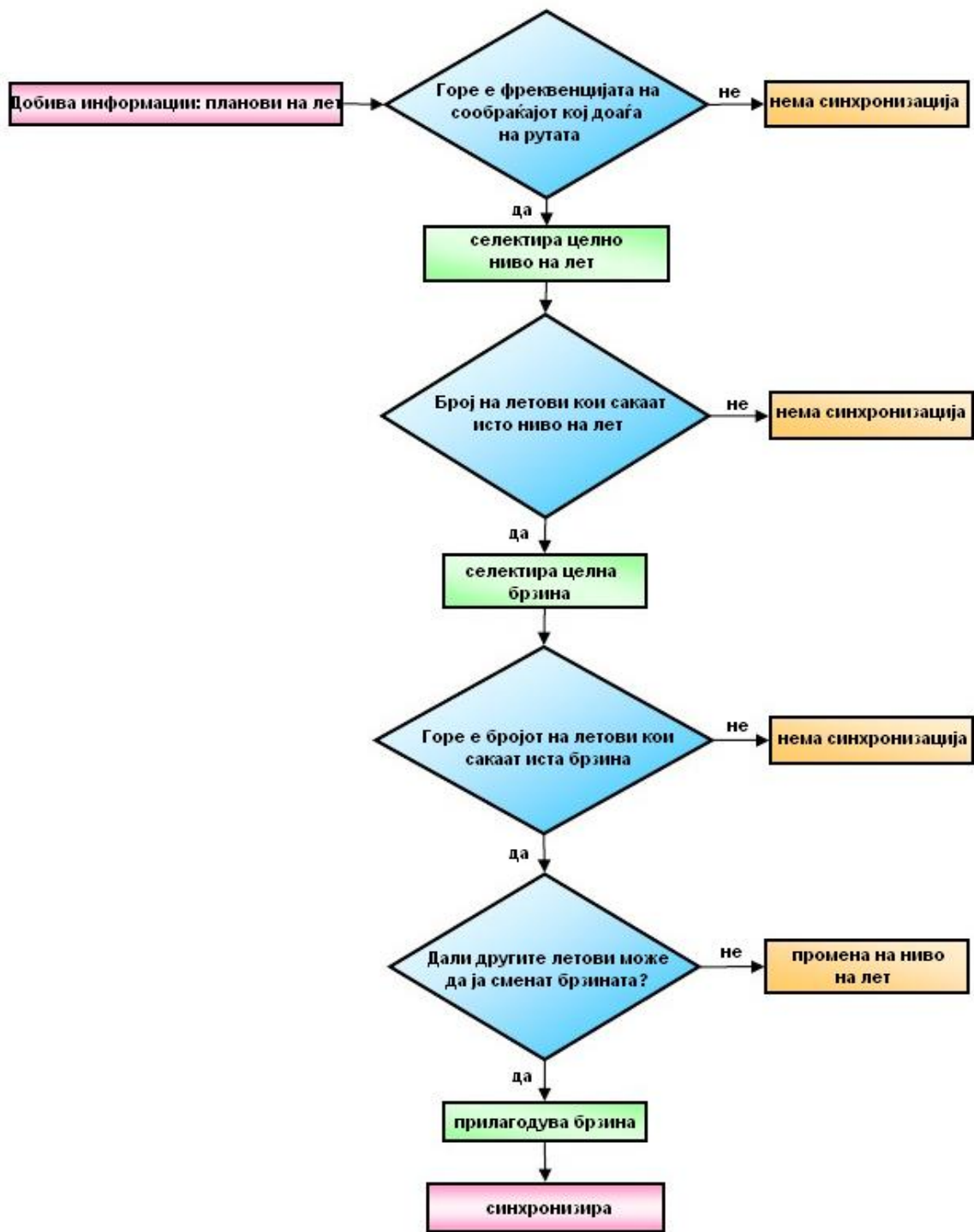
инструкција да се промени нивото на лет. Ова се случува земајќи ги предвид ограничувањата на перформансите на воздухопловот.

Вредностите на прагот го одредуваат процесот на синхронизација и со нив се одредува дали треба или не треба да се изврши синхронизација.

Првата вредност на прагот е односот на летот на целното ниво на лет (A_t) и севкупниот сообраќај на рутата.

Втората вредност е односот на летовите на целното ниво на лет кои се одвиваат со целна брзина (V_t) и бројот на сите летови на целното ниво на лет.

Синхронизацијата се спроведува ако сообраќајните ситуации ги исполнуваат овие вредности. Ако тоа не е така, тогаш нема синхронизација поради тоа што мора да се променат многу летови. Се претпоставува дека обидот да се изведе синхронизација е поголем од користа. Овие вредности се менуваат во однос на локалната сообраќајна ситуација. На Сл. 5.4. е даден општ алгоритам со прилагодливи вредности на праг.



Слика 5.4: Структура на алгоритмот - почетно поставување

Извор: Изработено од кандидатот

5.4 Дефинирање на сценарија

Со параметрите на алгоритмот се поставуваат ограничувањата на промена на брзината и/или висината. Контролорите на летање ги употребуваат прилагодувањата кои се овозможени преку алгоритмот (Fugedi Gabor, Eurocontrol CRDS, personal communication, 2005 година), а ограничувањата се во рамките на прифатливиот опсег но може локално да се менуваат.

На крстосување Опсегот од ± 0.02 Mach (± 12 јазли) е вредност на брзината со која може еден воздухоплов да ја прилагоди својата брзина без тешкотии. Треба да се разгледаат можностите за време на летот на секој воздухоплов (Сл. 5.5).



Слика 5.5: Структура на алгоритам на време на летот на воздухопловот

Извор: Изработено од кандидатот

Во ова истражување ќе има три протоци на секој примерок на сообраќајот, кој минува низ просторот на следните рути: RUDNO-INLOT, BUDEX-KEROP и GAMSA-VAL за 2009 година и сценарио 2 со две рути во еден правец и еден со два правца. Сите сценарија се употребени и за рутите: RUDNO-INLOT, KRT-NEVAK и AGNAV-NARKA за 2012 година. Ограничувањата се поставени на минус две нивоа на лет за симнување и плус едно ниво на лет за качување. Промената на нивоата надвор од оваа разлика доведува

до превисока пенетрација или едноставно не е можно да се изврши според перформансите на воздухопловот. Ова не е управувано од страна на контролорите на летање. За еден воздухоплов кој поаѓа од аеродром кој е блиску до влезната точка (каде треба да започне синхронизацијата) и кој е со полни резервоари, ограничувачки фактор е неговата маса. Од друга страна, еден лесен воздухоплов, како што се доближува до својата дестинација, се ограничува од веќе прелетаната голема висина.

Земајќи ги предвид намаленото висинско раздвојување (RVS) и полукружниот систем, двете нивоа на лет одговараат на 4000 ft (приближно 1.2 km) разлика. Инструкциите за симнување преку две нивоа на лет се даваат кога еден воздухоплов не може да се качи поради ограничувањата на перформансите на воздухопловот и следното пониско ниво на лет е исто така целно ниво на лет. (Т. 5.1). Промена на висина која е 4000 стапки под оптимумот предизвикува значајна непогода (приближно 5% од горивото што е вообичаена пресметка) (Technische Universität Dresden).

Табела 5.1: Ограничувања на алгоритмот

Категорија	Зголемување	Намалување
Брзина	0.02 Mach	0.02 Mach
Висина	1 FL	2 FLs

Се разгледуваат три сценарија на алгоритам заснован на правило:

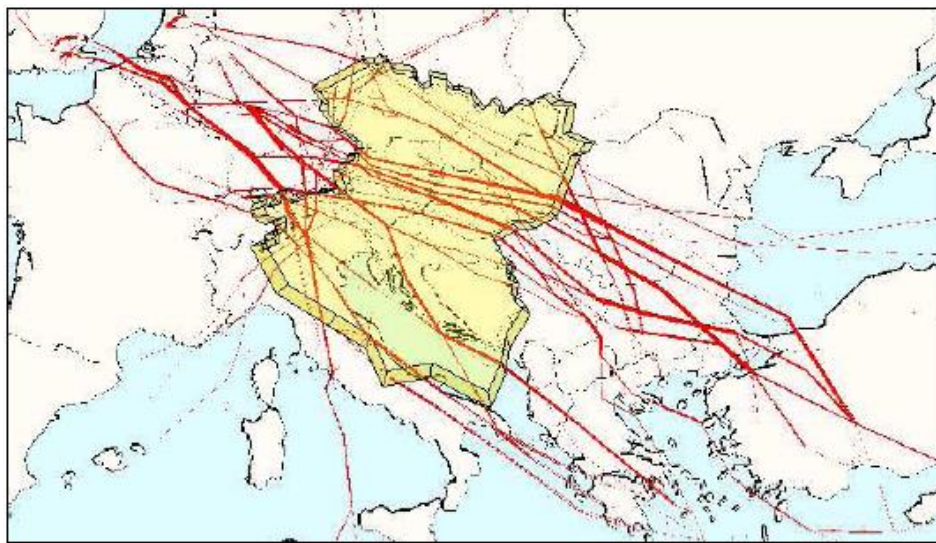
1. Прилагодување на брзина на ниво на лет од +/-0.02M (+/-12 јазли);
2. Прилагодување на брзина на ниво на лет од +/-0.01M (+/- 6 јазли);
3. Прилагодување на брзина на ниво на лет од +/-0.02M, промена на ниво на лет на летот кој е во опсегот на целната брзина во соседното ниво на лет во целно ниво на лет селектирано за синхронизација.

5.4.1 ВЛЕЗНИ ПОДАТОЦИ

Секторизацијата е поврзана со рутната мрежа ARN4_bis. Сообраќајот на оваа мрежа се одвива според најкратки рути со 2D правила. Ова значи дека предвид се земаат само ограничувањата за пристигнување и заминување. Нема профилни ограничувања. Во претходните мрежи, аеродромите кои се наоѓаат близу, беа собирани во групи. Во ARN4_bis аеродромите се делат според повеќе специфични

информации како што е место на тргнување и дестинација. FTS6, најновата студија за воздушен простор во централна Европа, ги отвора претходно затворените рути над Косово, со што се добиваат пократки рути од северно-западна Европа до југоисточна Европа, а другите рути се менуваат во голем степен (Brain, 2004).

Сообраќајот во регионот е прикажан преку протокот на сообраќај во ден кога има задушвање: 8 септември 2000 година (прикажан е сообраќајот кој се одвива низ централноевропската област) (Сл. 5.6). Сообраќајот што се одвива низ областа е веќе распространет за да се спречи групирање во случаите кога подолгиот лет ќе се одвива на повисоко ниво на лет отколку оној на пократка патека.



Слика 5.6: Проток на сообраќај во регионот

Извор: Brian, 2004, <http://www.eurocontrol.int>

Во приодот на моделирање се употребени податоците од двете последни fast-time симулации изработени во Еуроконтрол (FTS4, FTS6) како основа за компаративна студија. Двата примерока во текот на 24-часа (28 јуни, 2002; 10 септември, 2004 година кои се употребуваат при моделирањето се зголемија според STATFOR податоците (Т. 5.2). Првиот примерок бележи зголемување од 36% (како што се проценува за почетните активности на CUAC во FTS4) и вториот, за 2012 година (FTS6). Овие симулации се изведуваат со реорганизиран АТС математички симулатор (Reorganized ATC Mathematical Simulator (RAMSPlusTM)). (Eurocontrol).

Табела 5.2: Број на летови според примерокот на сообраќај во дел на Централна Европа

Примерок на сообраќај	Број на А/С Ground-660	Број на А/С FL285-660	Прелети
Врвно опт. -28/06/02 зголемен за почетните активности во '09	7234	5243	3501
Врвно опт. -10/09/04 зголемен до 2012 ниво	10732	7906	5663

Извор: <http://www.eurocontrol.int>

Фајловите кои содржат примерок на сообраќај ги содржат следниве информации: време на влез во воздушниот простор на централна европа, IDs на лет, ICAO кодови на аеродромите на поаѓање и пристигнување, ознаки на воздухоплов, нивоа на лет на влез-, крстосување- и излез во дел на Централна европа, имиња на точки на рута (waypoints-wpt) (почнувајќи од wpt 1), брзини (true air speed-TAS) и категории на вртложни турбуленции.

Во овој фајл не се наоѓаат вредностите на ниво на лет и времето на точките на рута (waypoints). Времето на точка на рута се добива со пресметување на растојанието меѓу точките на рутата и со множење на оваа вредност со брзината на крстосување на воздухопловот, а потоа ова се додава на времето на претходните точки на рута (р-ка 5.8. и 5.9.). Овие вредности се од важност за пресметување на мерливите параметри за споредување на основната ситуација и ситуацијата по синхронизацијата. Координатите на точките на рути се добиваат од податоците на симулацијата заснована на моделите FTS4 и FTS6.

$$t_k = t_j + t_{jk} \quad (5.8)$$

Каде што:

- t_k е времето на точка на рутата k
- t_j е времето на точка на рутата j
- t_{jk} е времето на лет од j до k

$$t_{jk} = d \cdot v_{TAS} \quad (5.9)$$

Каде што:

- d е растојанието меѓу две точки
- v_{TAS} е брзината (true air speed)

5.4.2 ПРОТОК НА СООБРАЌАЈОТ

Протокот се состои од летови кои се одвиваат по заеднички дел од патеката на летање или по дел од неа кој се распространува на повеќе од едно ниво на лет. Прилагодувањето на протокот на сообраќај во даден воздушен простор, по дадена рута или кон даден аеродром со цел да се обезбеди поефикасна искористеност на воздушниот простор е сложено нешто. За да се олесни оваа сложеност се изврши претпоставка дека *секој синхронизиран проток има своја брзина и ниво на лет; брзината на протокот ја фиксира брзината на летот.*

Откривањето на „интересни протоци“ зависи од дневната дистрибуција на сообраќај и од фреквенцијата на пристигнувања на воздухоплови во блокот на воздушен простор на дел од Централна Европа. Истражувањата покажаа секојдневни три главни протоци по кои се одвива најголем дел од сообраќајот меѓу западна и источна Европа. Затоа, тие беа избрани за натамошно истражување. Бидејќи основите се две различни симулации, протоците се различни:

2009: RUDNO-INLOT, BUDEX-KEROP и GAMSА-VAL

2012: RUDNO-INLOT, KRT-NEVAK и AGNAV-NARKA

За да се опслужи обемот на податоци, прво 2 целни нивоа на лет кои го носат најголемото оптоварување со сообраќај на овие рути се избрани за синхронизација..

Бидејќи примероците на сообраќај содржат податоци само за дел од централниот европски влез, крстосување и излез, за одбраниот сообраќај нивото на лет при фаза на крстосување се употребува како константна висина низ воздушниот простор на дел од централна европа.

Синхронизацијата се врши на влезот на дел од Централната Европа. Се претпоставува дека малку време треба за да се направат мали прилагодувања на брзината и висината овозможени со алгоритамски правила. Затоа, на првата точка на рутата (waypoint) се прават промените на брзината или на висината.

Да се сумираат горенаведените претпоставки:

1. Се истражуваат три протоци на секој примерок на сообраќај кој минува низ воздушниот простор на ЦЕ²⁷
2. 2 рути во еден правец и 1 со два правца

²⁷ Централна Европа

3. 2 паралелни протока, и еден премин
За да се добие синхронизација, одбрани се две нивоа на лет за секој проток.
1. Се разгледува само фазата на крстосување плус сообраќај во фаза на крстосување и симнување, а не сообраќај во фаза на качување
2. Се разгледуваат летовите кои се одвиваат по првиот дел од рутата.
Нивото на лет при фаза на крстосување останува константно.
Синхронизација на влезна точка во дел од ЦЕ.

5.5. Анализа на резултатите од истражувањето

Примерокот на сообраќај во CRDS ги опфаќа сите воздухоплови во дел на ЦЕ плус 50 NM бафер (тампон зона). Како резултат на баферот, бројот на воздухоплови во примерокот на сообраќај од FTS4 се зголемува од 7 234 на 7 338. Нашите 5 243 воздухоплови од вкупно 7 338 летаат над базата FL 285 (Т.5.3). Овој број може да се подели на четири групи.

Табела 5.3: Број на летови според профилот на лет низ дел на ЦЕ

Процедура на лет	Ниво на лет односи	Бр.на воздухоплови 2009	Број на воздухоплови 2012
Само крстарење	$ET = C = EX$	1603	1912
Качување и крстарење	$ET < C = EX$	1564	2420
Крстарење и симнување	$ET = C > EX$	1401	2172
Качување, крстарење и симнување	$ET < C > EX$	675	1402
Вкупно		5243	7906

Извор: Изработено од кандидатот

За време на првиот дел од истражувањето, воздухопловите кои се во фаза на крстосување, плус крстосување и симнување се проверуваат, при што сите воздухоплови кои се на првиот дел од одбраните рути се земаат предвид. На примероците од сообраќај се додадоа оние воздухоплови со мал офсет на нивоата на лет при влез и излез на нивото на лет при крстосување²⁸. Ова се направи според тврдењето дека во овој случај поголем дел од фазата на крстосување за време на

²⁸ Пр...: лет DLH2888: влез = 250, крстосување = 370; излез = 0

летот се изведува во дел на границите на ЦЕ. За анализа на сообраќајот се користат 5 врвни часа (8:30-13:30) од вториот примерок на сообраќај зголемен во 2012 година. Причината за тоа е да се истражува ефектот од синхронизацијата само за време на врвно оптоварување во споредба со 24 часовната синхронизација за 2009 година.

Двете вредности на прагот се користат за да се одреди дали треба да се направи синхронизација или не. Првата вредност на прагот претставува однос на бројот на воздухоплови на специфичното ниво на лет при синхронизација со севкупниот сообраќај на рута (A_t). Втората е однос на бројот на воздухоплови кои летаат според саканата брзина при синхронизација со бројот на воздухоплови на ниво на лет (V_t). Ако сообраќајот ги исполнува овие вредности, тогаш се прави синхронизација. Ако ситуацијата не е во согласност со овие две вредности на прагот, тогаш не се прави синхронизација, бидејќи мора да се сменат многу воздухоплови. Се претпоставува дека трудот да се направи синхронизација е поголем од користа што ја имаме од неа. За првото и за второто ниво на лет при синхронизација се одредуваат различни вредности на праг.(Табела 5.4).

Табела 5.4: Вредности на праг на алгоритам

Име	Ниво на лет 1	Ниво на лет 2
A_t	30%	18%
V_t	45%	45%

Извор: Изработено од кандидатот

Овие вредности се одредуваат субјективно според употребениот примерок на сообраќај. Сите четири вредности се добиваат со конкретниот сообраќај. Проверувањето на друг примерок на сообраќај би ги минал границите на оваа задача.

5.5.1 АНАЛИЗА НА РЕЗУЛТАТИТЕ ЗА 2009 ГОДИНА

За да се разбере начинот на одвивање на сообраќај, се донесоа некои дополнителни мерки кои вклучуваат: време на прелет (средна вредност за секој

сектор); просечна брзина наспроти % на сообраќај; брзина наспроти ниво на лет. Првичните истражувања покажаа:

1. 54.42% од сообраќајот се одвива со брзина од 0.8М;
2. 17.78% (2009) од општиот сообраќај преферираат FL370.

Заради синхронизација, овие брзини и ниво на лет се карактеристични за сообраќајот кој доаѓа.

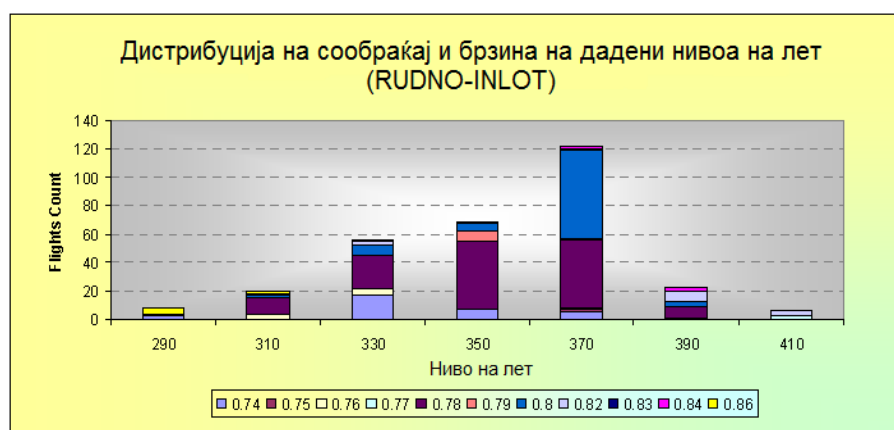
Со оваа анализа се прикажува само дистрибуцијата на сообраќај врз основа на ниво.

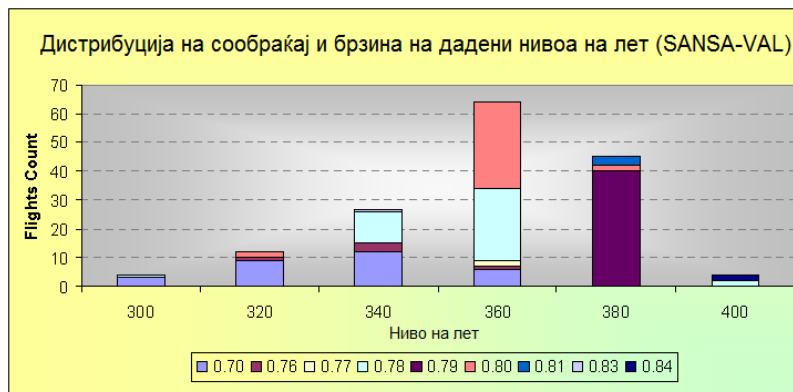
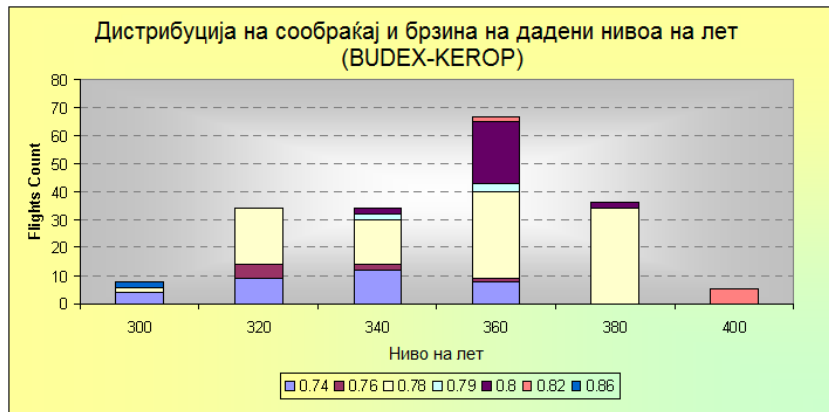
Следен чекор е прецизирање и правење анализа со ист период на трите одбрани протока.

За пресметки на синхронизацијата, податоците во врска со сообраќајот содржат:

1. RUDNO-INLOT, BUDEX-KEROP and GAMSA-VAL
2. 302 лета влегуваат во RUDNO и преку OBEDI до INLOT
3. 184 лета се преку BUDEX-KEROP
4. 156 лета преферираат GAMSA-VAL

Како што е прикажано на Дијаграм 5.1, најголемо оптоварување со сообраќај е од FL 340 до FL 380. Воздухопловите од средна категорија доминираат во сите протоци со 71% на RUDNO-OBEDI-INLOP, околу 85% на BUDEX-KEROP и околу 92% на GAMSA-VAL. Најзастапен воздухоплов е Boeing 737-800. Тој е воздухоплов од мала до средна категорија кој обично го користат Harag Lloyd, Air Berlin или Turkish Airlines.





Дијаграм 5.1: Дистрибуција на брзина на сообраќај во даден сегмент RUDNO-INLOT, BUDEX-KEROP и SANSА-VAL

Извор: Изработено од кандидатот

Најчесто развивани брзини на трите одбрани протока се Mach 0.78 и 0.8. Околу 70% од сообраќајот ги преферираат овие две брзини. На сегментот RUDNO– ZAG, над 46% од сообраќајот се одвива со Mach 0.78 во споредба со 26% кои се одвиваат со Mach 0.8. На сегментот BUDEX-KEROP речиси 56% од сообраќајот се одвива со брзина на Mach 0.78 во споредба со 14% кои употребуваат Mach 0.8. Хетерогеноста на брзината е најочигледна на сегментот GAMSА-VAL (Т. 5.5).

Табела 5.5: Најфреквентна брзина на одбраните протоци

Најфреквентна брзина	RUDNO-INLOT	BUDEX-KEROP	SANSА-VAL
0.78 M	46.36%	56%	25%
0.8 M	26.16%	14.13%	21.79%
0.79M	2.62%	2.72%	25.64%

Извор: Изработено од кандидатот

Разликата во брзината може да биде ефективна во процесот на синхронизација. Колку повеќе брзини има на нивоата на лет, толку повеќе чекори на синхронизација мора да се разгледаат. Затоа треба да се направат повеќе прилагодувања за да се постигне истата.

Во Табела 5.6 е прикажана дистрибуцијата на брзината и сообраќајот на нивоа на лет на сегментот BUDEX-KEROP пред и по синхронизацијата. Алгоритмот се применува рачно со едитирање на табела со број на сообраќај. Во горниот дел, означени се целните нивоа на лет, а во жолтите полиња се прикажани летовите кои се одвиваат со целна брзина. Дадена е модификувана ситуација на сообраќај. Означени се само полињата во кои има летови под влијание на синхронизацијата. Темно сините означуваат поле на извор, додека светло сините се целни полиња.

Табела 5.6: Сообраќај (BUDEX-KEROP) –примена на алгоритам во сценарио 1

Оперерување	TAS [M]	ПРЕД						
крстарење fl	0.74	0.76	0.78	0.79	0.8	0.82	0.86	Вкупно
300	4		2				2	8
320	9	5	20					34
340	12	2	16	2	2			34
360	8	1	31	3	22	2		67
380			34		2			36
400						5		5
Вкупно	33	8	103	5	26	7	2	184

Оперерување	TAS [M]	ПО						
крстарење fl	0.74	0.76	0.78	0.79	0.8	0.82	0.86	Вкупно
300	4		2				2	8
320	9	5	20					34
340	20	2	16	2	2	2		44
360	0	0	57	0	0	0		57
380			36		0			36
400						5		5
Вкупно	33	7	131	2	2	7	2	184

Извор: Изработено од кандидатот

По синхронизацијата, летовите на FL 360 и FL 380 се одвиваат само со Mach 0.78. Летовите кои сакаат поинаква брзина од целната, мора да ја прилагодат (во +/- 0.02 M) или им се дава инструкција да го сменат нивото на лет. На пример, воздухопловот кој лета со Mach 0.74 го менува FL 360 на FL 340.

5.5.1.1 Развој на сценарија за 2009 година

- Рута RUDNO-INLOT

Разгледаниот проток на рутата RUDNO-INLOT се пресметува во алгоритмот три пати. Две пресметки се сценарија според кои параметрите на брзина се прилагодуваат. Со третото сценарио се воведува дополнителен услов во алгоритмот кој е подолу објаснет.

За сценарио 1 на рутниот сегмент RUDNO-ZAG (прилагодување на брзина на +/- 0.02M) се одбрани се две нивоа на лет: FL 370 и FL350. Првично 122 лета се на FL 370 и 68 лета се на FL350. Моментално 50.82% ја преферираат целната брзина 0.8M за синхронизирање на протокот на FL370 и брзината 0.78M на FL350 претставува 70.59% од сообраќајот. На сите овие летови кои не се рамките на целната брзина им се даваат инструкции за следните нивоа на лет.

За време на синхронизацијата се прават следните промени кои се прикажани во Табела 5.7

Табела 5.7: Примена на алгоритам – дистрибуција на сообраќај на нивоа на лет за време на синхронизација

Од FL	До FL	Од брзина	До брзина	Број на летови
370		0.78	0.8	48
370		0.79	0.8	1
370		0.81	0.8	1
370		0.82	0.8	1
350		0.79	0.78	7
350		0.8	0.78	5
370	330	0.74		5
370	390	0.75		2
370	330	0.76		1
370	390	0.84		2
350	330	0.74		7
350	330	0.83		1

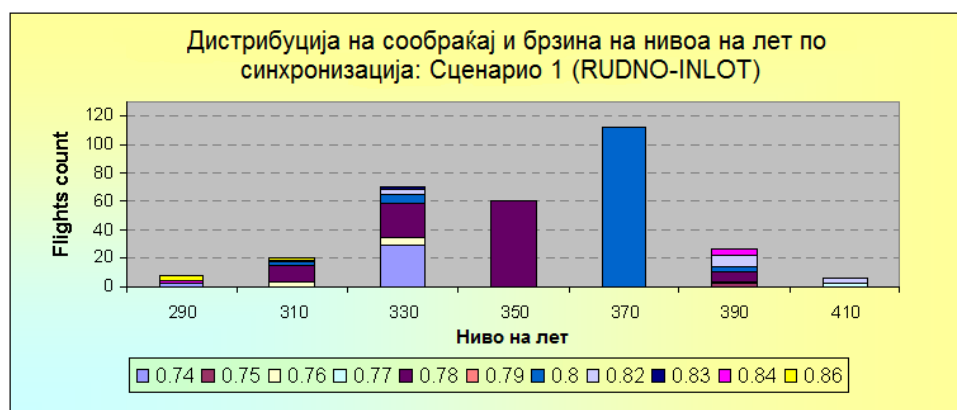
Извор: Изработено од кандидатот

Општо, 80 лета се под влијание на синхронизација; 62 во однос на промена на брзина и само 18 во однос на промена на висина. 48 воздухоплови од вкупно 62 добиваат забрзување од 2 Mach 0.78 на Mach 0.8. Шест воздухоплови се прилагодуваат

преку две нивоа на лет според ограничувањата на перформансите на воздухопловот. На FL 370, 10 лета од вкупно 122 ја смениле висината, а на FL 350 само 8 од вкупно 68.

Оттука произлегува дека стандардното отстапување на бројот на летови меѓу нивоата на лет е намалено минимално од 42.03 на 39.14. По синхронизацијата, 60 лета останале на FL350 а 112 лета на FL370, на другите летови им било одредено друго ниво на лет.

На Дијаграмот 5.2, прикажана е дистрибуцијата на сообраќајот и брзината на ниво на лет, по синхронизација сценарио 1 на сегментот RUDNO-INLOT.

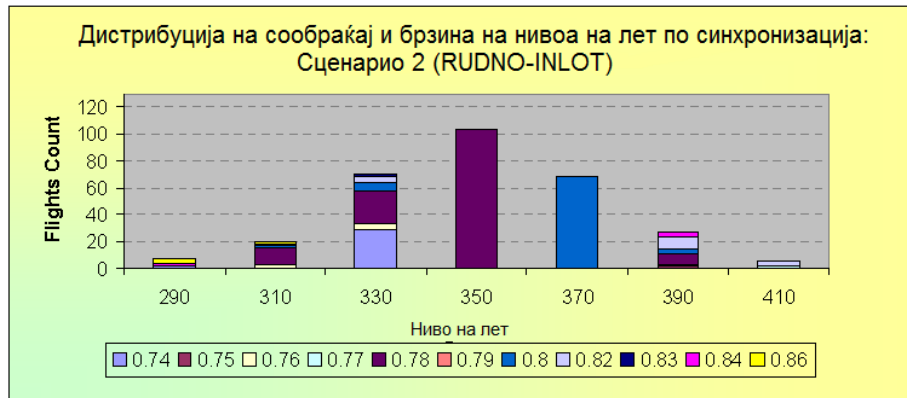


Дијаграм 5.2: Сценарио 1 - Дистрибуција на сообраќај и брзина на сегмент RUDNO-INLOT по синхронизација

Извор: Изработено од кандидатот

Исто така, во сценарио 2 (прилагодување на брзина на +/-0.01M) се одбираат две нивоа на лет: FL 370 со целна брзина 0.8M и FL 350 со целна брзина 0.78M. По синхронизацијата, 68 лета остануваат на FL 370 во споредба со двојното покачување на сообраќајот на FL350 (103). Оваа промена на алгоритмот доведе до зголемување на вертикалните двожења за да се добие синхронизиран проток.

На Диј. 5.3. се гледа како дистрибуцијата на сообраќај на нивоа на лет е сменета во споредба со сценарио 1 и сценарио 2.



Диј. 5.3: Сценарио 2 - Дистрибуција на сообраќај и брзина на сегмент RUDNO-INLOT по синхронизација

Извор: Изработено од кандидатот

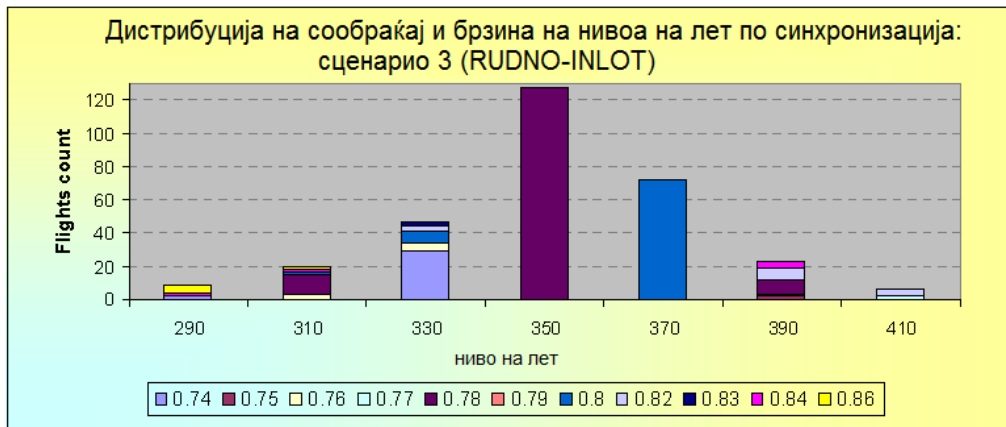
Според второто сценарио, засегнати се 80 лета, од кои само 10% ја промениле брзината, а на 72 лета им е дадена инструкција за промена на висина. 6 лета (како во сценарио 1) ја менуваат висината преку две нивоа на лет како резултат на ограничувањата на перформансите на воздухопловот. Стандардното отстапување на бројот на летови меѓу нивоата на лет е намалено од 42.03 на 37.27. Оттука произлегува дека редовноста на оптоварувањето со сообраќај е помала отколку во сценарио 1 (Диј. 5.3).

3. *Сценарио 3* е модификација на сценарио 1 со дополнително правило. Во овој случај, на летовите на соседните нивоа на лет кои се во рамките на целната брзина им се даваат инструкции да се приклучат на протокот на целното ниво на лет.

На Диј. 5.4 очигледно е дека според сценарио 3, голем број од летовите (127) се на FL350 што е спротивно на FL350 со помалку сообраќај (72) отколку во сценарио 1 или сценарио 2.

Од вкупно 106 лета кои се засегнати од модификацијата на алгоритмот во сценарио 3, само 8 лета ја смениле својата брзина на крстосување во споредба со 98 лета на кои им беше дадена инструкција за промена на ниво на лет. 66% (65 лета) од овие се спуштиле. Подобро е да смени нивото на лет на друго целно ниво отколку да се смени брзината на лет кој се одвива со целна брзина на целното ниво на лет. Стандардното отстапување на бројот на летови меѓу нивоата на лет се зголемило од 42.03 на 43.6.

На Диј. 5.4 е дадена дистрибуцијата на брзината и сообраќајот за сценарио 3.



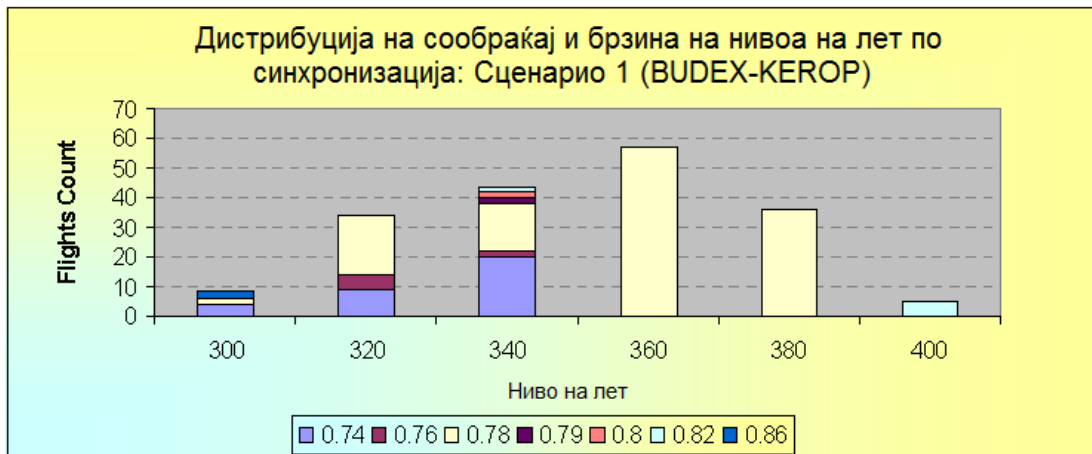
Диј. 5.4: Сценарио 3 - Дистрибуција на сообраќај и брзина на сегмент RUDNO-INLOT по синхронизација

Извор: Изработено од кандидатот

- Рута BUDEX-KEROP

Протоколот на сообраќај на рутата BUDEX-KEROP се пресметува во алгоритмот три пати. Во овој случај, FL380 е речиси синхронизиран без модификации. Ова е резултат на тоа што само два лета преферираат друга, а не целната брзина. Оптоварувањето со сообраќај е релативно рамнотежено. Нивоата на лет 320, 360 и 380 имаат исто оптоварување. На FL 340 има двојно повеќе летови.

За сценарио 1 на рутниот сегмент BUDEX-BEGLA (прилагодување на брзина на +/-0.02M) се избрани две нивоа на лет: FL 360 и FL380. Целната брзина на двете нивоа на лет е Mach 0.78, која се однесува на 38 лета. 94.44% ја преферираат целната брзина 0.78M на целниот FL380, а на FL360 е претставен 46.27% од сообраќајот. 28 лета ја прилагодуваат нивната брзина на крстосување, 24 од нив мора да намалат на целната брзина 0.78M. На 10 лета им се дава инструкција да го сменат нивото на лет од FL360 до FL340. Со ова се намалува нерамнотежата на оптоварувањето кое е резултат на разните брзини на FL360. Стандардното отстапување на бројот на летови е намалено од 22.5 на 20.41. На Диј. 5.5 е дадена дистрибуцијата на сообраќај по синхронизацијата.



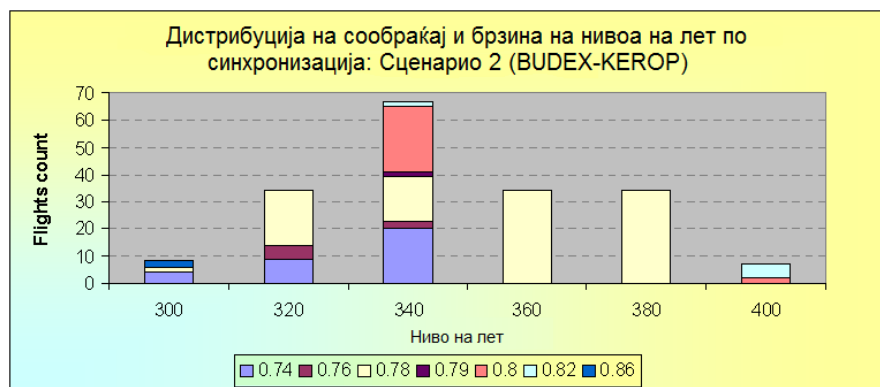
Диј. 5.5: Сценарио 1 - Брзина и дистрибуција на сообраќај на сегментот BUDEX-KEROP по синхронизација

Извор: Изработено од кандидатот

Во сценарио 2 (прилагодување на брзина на +/-0.01M) се одбрани две нивоа на лет: FL 360 и FL 380, двете со цена брзина 0.78M. Со оваа измена на алгоритмот дојде до зголемување на вертикалните движења за да се добие синхроинизиран проток. Општо, 38 лета се засегнати, а на 33 лета (94.3%) од вкупно 35 на FL360 им е дадена инструкција да преминат на FL340.

Оттука следува дека дошло до релокација на главното оптоварување на оваа рута. По синхронизацијата ист обем на сообраќај (34 лета) останува на двете целни нивоа на лет.

На Диј. 5.6 прикажано е како се менува дистрибуцијата на сообраќај на нивоа на лет во споредба со сценарио 1 и сценарио 2. Стандардното отстапување на бројот на летови меѓу нивоа на лет е намалено од 22.5 на 22.03.



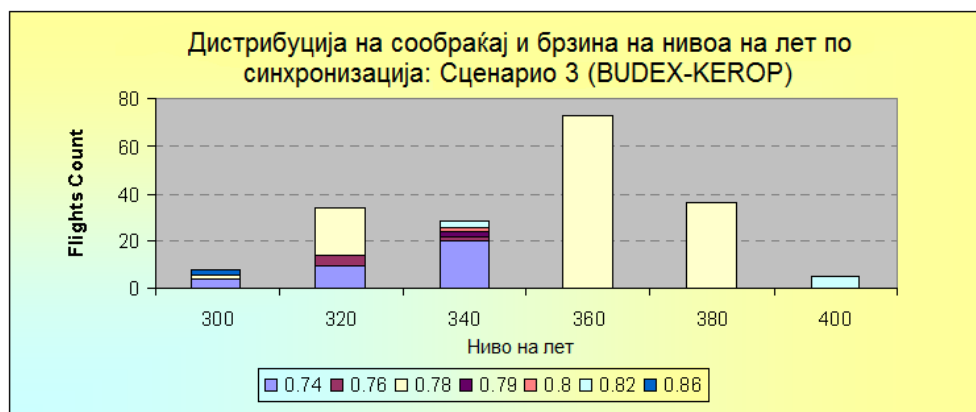
Диј. 5.6: Сценарио 2 - Брзина и дистрибуција на сообраќај на сегментот BUDEX-KEROP
по синхронизација

Извор: Изработено од кандидатот

Сценарио 3 претставува модификација на сценарио 1 со дополнително правило. Во овој случај, на летовите на соседните нивоа на лет кои се одвиваат согласно рамките на целната брзина им се дава инструкција да се приклучат на протокот на целното ниво на лет.

Од Диј. 5.7 очигледно е дека според сценарио 3 поголем број на летови (73) се на FL360 што е спротивно на тоа што на FL 340 има помалку сообраќај (28) отколку во сценарио 1 и сценарио 2.

28 лета ја смениле брзината при фазата на крстосување од вкупно 54 кои биле засегнати од измените на алгоритмот во сценарио 3, а на 26 лета им беше дадена инструкција да го сменат нивното ниво на лет. 61% (16 лета) од овие летови се спуштиле Во овој пример, стандардното отстапување на бројот на летови меѓу нивоата на лет се намалил од 22.5 на 24.5.



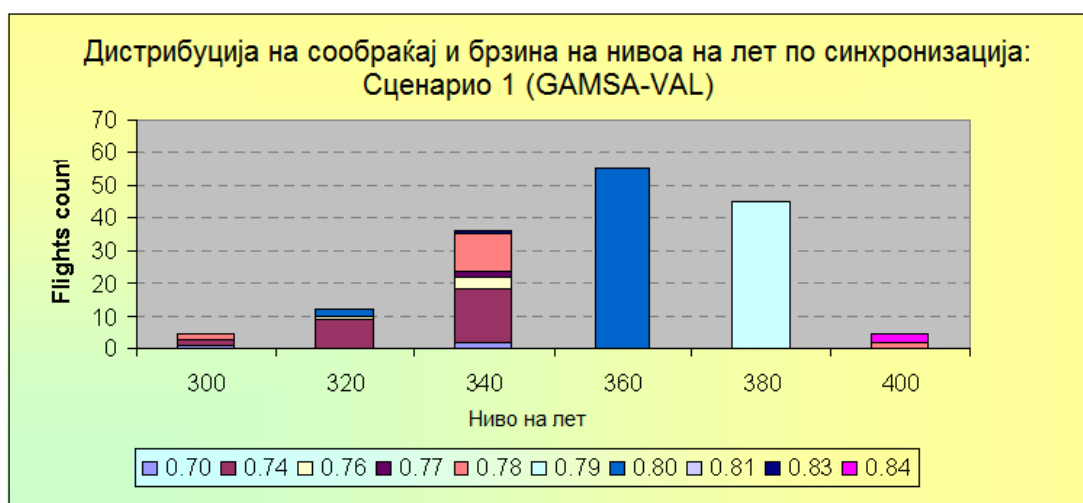
Диј. 5.7: Сценарио 3 -Брзина и дистрибуција на сообраќај на сегментот BUDEX-KEROP
по синхронизација

Извор: Изработено од кандидатот

- Рута GAMSА-VAL

Дадениот проток на рутата GAMSА-VAL се пресметува со алгоритам три пати на две целни нивоа на лет FL360 и FL380.

Според сценарио 1, првично 64 лета се на FL 360, а 45 лета се на FL380. 46.88% ја преферираат целната брзина 0.8М за синхронизирање на протокот на FL360, а брзината 0.79М на FL380 е за 88.89% од сообраќајот. Општо 39 лета се засегнати од синхронизацијата; промена на брзината кај 30 лета, а промена на висина кај 9 лета. 25 лета добиле забрзување од Mach 0.78 на Mach 0.8. На FL 380, ниеден лет не добил инструкција за менување на висина. По синхронизацијата, 55 лета останале на FL 360, а 45 на FL 380. Другите летови се одвивале на друго ниво на лет. Стандардното отстапување на бројот на летови меѓу нивоа на лет е намалено од 24.38 на 22.2. (Диј. 5.8).

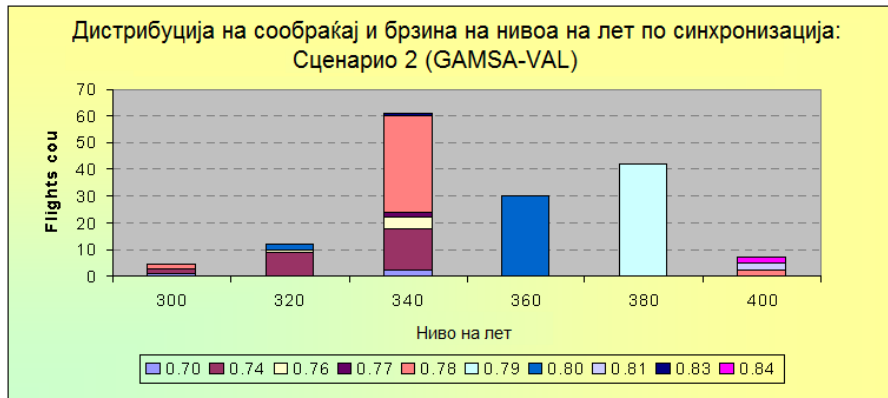


Диј. 5.8: Сценарио 1 - Брзина и дистрибуција на сообраќај на сегментот GAMSA-VAL по синхронизација

Извор: Изработено од кандидатот

За сценарио 2 (прилагодување на брзина на +/-0.01М) се одбираат две нивоа на лет: FL 360 со целна брзина 0.8М и FL 380 со целна брзина 0.79М. По синхронизацијата, 30 лета остануваат на FL360 споредбено со двојното зголемување на сообраќајот на FL340 (61). Со оваа модификација дојде до покачување на бројот на вертикални движења со цел да се добие синхронизиран проток.

На Диј. 5.8 е дадена дистрибуцијата на сообраќај на нивоа на лет.



Диј.5.8: Сценарио 2 - Брзина и дистрибуција на сообраќај на сегментот GAMSA-VAL по синхронизација

Извор: Изработено од кандидатот

Според второто сценарио засегнати се 39 лета, од кои само 5% ја смениле брзината, а на другите им беше дадена инструкција да ја сменат висината. Навременоста на оптоварувањето е помала отколку во сценарио 1, што може да се види и од Диј. 5.8. Стандардното отстапување на бројот на летови меѓу нивоа на лет е се зголемило од 24.38 на 22.5.

Не се направи сценарио 3 бидејќи на соседните нивоа на лет нема летови со целна брзина. Резултатите би биле исти со оние во сценарио 1.

5.5.1.2 Вреднување (процена) на сценаријата за 2009 година

Степенот на синхронизација се подобри приближно за 20% во сите сценарија, освен во второто, кое се однесува на сегментот BUDEX-KEROP. Во сценарио 3, со дополнителни промени на летовите на целните нивоа на лет се оствари подобрување од 27.74% и 29.93%. Намалениот степен на синхронизација во сценарио 2 за сегментот BUDEX-KEROP се должи на тоа што голем број на летови кои се одвиваат со Mach 0.8 на FL 360 преминале на FL 340. Овие летови на ова ниво на лет претставуваат дополнителна главна брзинска група. Со ова се зголемува збирот на квадратните отстапувања од просечната брзина на ова ниво на лет. (Т. 5.8).

Табела 5.8: Промена на степенот на синхронизација

Промена на степен на синхронизација [%]	RUDNO-INLOT			BUDEX-KEROP			SANSVA-VAL	
	Сцен. 1	Сцен. 2	Сцен. 3	Сцен. 1	Сцен. 2	Сцен. 3	Сцен. 1	Сцен. 1
	20.27	20.21	27.74	20.8	-7.49	29.93	35.75	20.82

Извор: Изработено од кандидатот

Параметарските вредности се пресметуваат за секое сценарио.

Во Табела 5.9 дадени се резултатите од промените на параметарските вредности на рутата RUDNO-INLOT

Табела 5.9: Параметри на синхронизација за сегментот RUDNO-INLOT

		Сценарио 1.			Сценарио 2.		Сценарио 3.	
		Пред	По	Тренд	По	Тренд	По	Тренд
Индекс на групирање (bunching index)	330	1.143	1.101	DOWN	1.101	DOWN	0.933	DOWN
	350	1.194	1.100	DOWN	1.059	DOWN	1.143	DOWN
	370	1.223	1.153	DOWN	1.221	DOWN	0.972	DOWN
	390	0.727	0.769	DOWN	0.593	DOWN	0.696	DOWN
Просечно оптоварување [летови/30мин]	330	1.17	1.44	UP	1.44	UP	0.47	DOWN
	350	1.40	1.25	DOWN	2.13	UP	2.63	UP
	370	2.52	2.31	DOWN	1.42	DOWN	1.50	DOWN
	390	0.46	0.54	UP	0.56	UP	0.48	UP
Момент на распространување на оптоварување во рамки на FL [летови/30мин] ²	330	74.667	93.813	UP	93.813	UP	41.906	DOWN
	350	93.479	71.000	DOWN	151.250	UP	183.250	UP
	370	163.979	136.313	DOWN	71.667	DOWN	84.000	DOWN
	390	19.917	25.917	UP	25.813	UP	23.979	UP
Стандардно отстапување од оптоварување меѓу нивоа налет	42.029	39.138	DOWN	37.267	DOWN	43.644	UP	

Извор: Изработено од кандидатот

Промените на протокот на сообраќај при синхронизацијата со прилагодување на брзина од +/-0.01 Mach се поголеми и поизразени отколку во другите сценарија. Индексот на групирање се намали во сите сценарија на сите три рути, освен на

соседните нивоа на лет во сценарио 2 на сегментот BUDEX-KEROP. Причината за ова покачување е реорганизацијата на двете целни нивоа на иста брзина. Релативно голем број на летови со брзина од Mach 0.8 не можат да ја прилагодат брзината и затоа им се дава инструкција да го сменат нивото на лет на FL 340. Со ова се зголемува бројот на различни брзини на ова ниво на лет. Индексот на групирање на FL 400 се зголемува, зошто само 7 лета преферираат да летаат на оваа висина, но со различна брзина во споредба со почетната ситуација. Ефектот од групирањето на целни нивоа на лет најмногу се подобрува преку:

1. сценарио 2 on FL350 на сегмент RUDNO-INLOT
2. сценарио 1 и 3 на FL 360 на сегментот BUDEX-KEROP, и
3. сценарио 1 на FL360 на сегментот GAMSА-VAL

Брзинските параметри на алгоритмот директно влијаат на промените на оптоварувањето на сообраќајот на секое ниво на лет. Стандардното отстапување на бројот на летови меѓу нивоата на лет зависи директно од промените на оптоварувањето. Со синхронизацијата се изедначува оптоварувањето меѓу нивоата на лет. Летовите преминуваат од целно ниво со големо оптоварување на соседно ниво со помало оптоварување. Во сите сценарија освен во сценарио 3 на сегментот RUDNO-INLOTи KEROP-BUDEX, стандардната вредност на отстапување се подобри. Најточна навременост се добива во:

1. Сценарио 2 на сегментот RUDNO-INLOT кога вредноста на стандардното отстапување е 37.267 во споредба со првичното 42.029
2. Сценарио 1 на сегментот BUDEX-KEROP со стандардно отстапување од 20.412 во споредба со првичното 22.554, и
3. Сценарио 1 на сегментот GAMSА-VAL со стандардно отстапување од 22.208 во споредба со првичното 24.372.

Исто така, може да се утврди и друга корелација меѓу моментот на растурање и просечното оптоварување на секој интервал од 30 минути. Кога на летовите им се даваат инструкции за преминување на и од нивоа на лет, исто така отстапувањето на просечната вредност се менува соодветно. Не постои корелација меѓу индексот на групирање и моментот на растурање.

5.5.2 АНАЛИЗА НА РЕЗУЛТАТИТЕ ЗА 2012 ГОДИНА

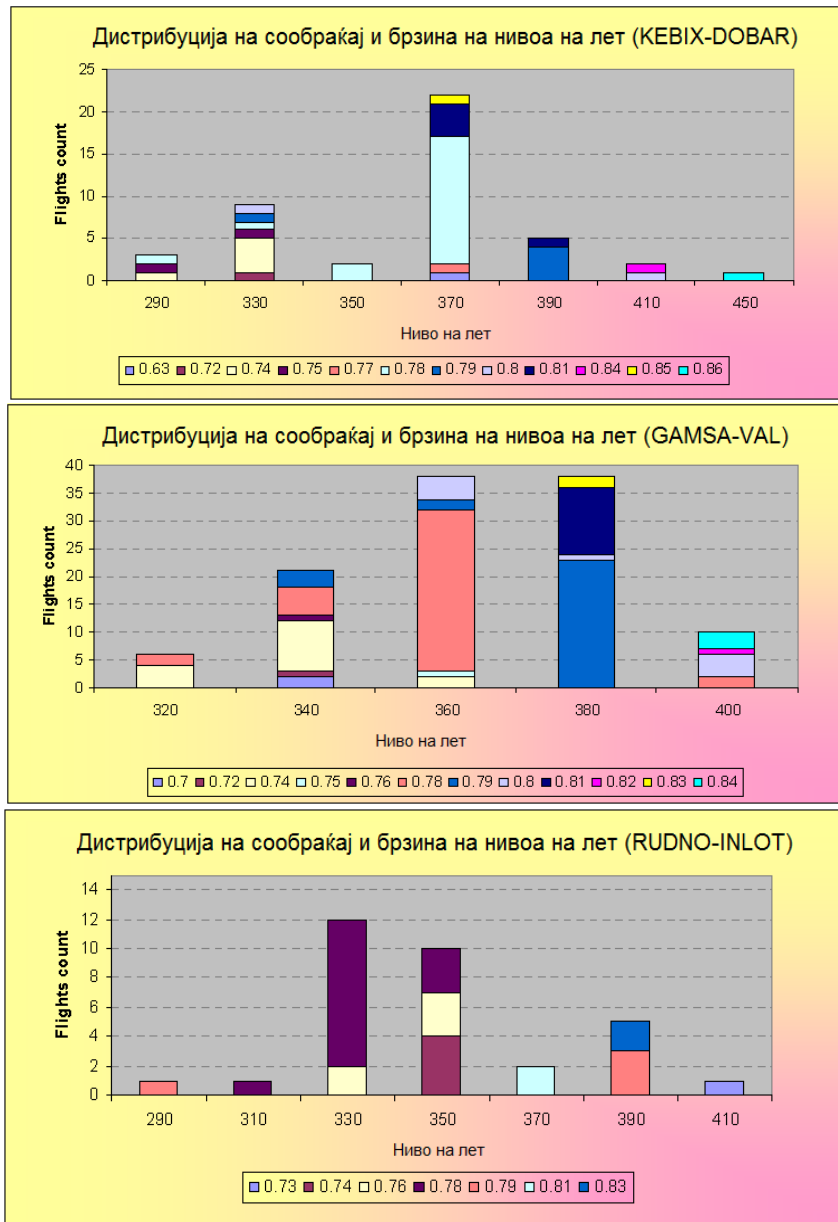
За анализа на сообраќајот земени се 5 врвни часа (8:30 – 13:30) од зголемениот примерок на сообраќај во 2012 година.

Првичните истражувања покажаа дека:

1. 51.22% од сообраќајот се одвива со брзина од 0.8М;
2. 21.95% од општиот сообраќај особено го преферира FL 360.

Податоците за пресметка на сообраќајот опфаќаат: RUDNO-INLOT, KEBIX-DOBAR и GAMSА-VAL. 32 лета влегуваат на RUDNO и летаат преку ZAG до INLOT. 44 лета се одвиваат преку KEBIX-DOBAR. 113 лета преферираат GAMSА-VAL

На Диј. 5.9 е дадена дистрибуцијата на сообраќај на нивоа на лет за избраните протоци со најголемо оптоварување од FL330 на FL380. Во 85% доминираат воздухоплови од средна категорија. Најзастапен е воздухопловот Boeing 737-800.



Диј. 5.9: Дистрибуција на брзина на сегментот RUDNO-INLOT, KEBIX-DOBAR и GAMSA-VAL

Извор: Изработено од кандидатот

Често развивана брзина на трите одбрани протока е Mach 0.78. Заедно околу 38% од сообраќајот ја преферира оваа брзина (Т. 5.10).

Табела 5.10: Најчеста брзина на одбраните протока

Најчеста брзина	RUDNO-INLOT	KEBIX-DOBAR	GAMSA-VAL
0.78 М	43.75%	43.18%	33.63%
0.79 М	0.76М – 15.63%	11.36%	24.78%
0.74М	12.50%	11.36%	13.27%

Извор: Изработено од кандидатот

5.5.2.1 Развој на сценарија за 2012 година

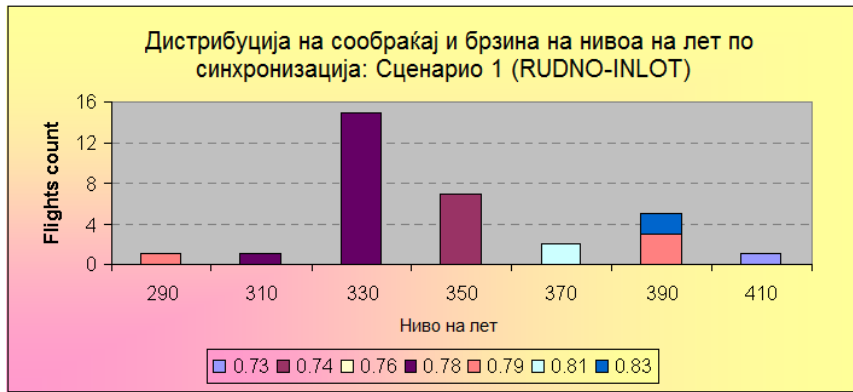
За анализа на сообраќајот се користат 5 врвни часа (8:30-13:30) од вториот примерок на сообраќај зголемен во 2012 година, дистрибуција на сообраќајот и ниво на лет во сите можни сценарија.

Податоците за пресметка на сообраќајот ги опфаќаат следните рути:
RUDNO-INLOT, KEBIX-DOBAR и GAMSA-VAL.

- Рута RUDNO-INLOT

Во сценарио 1 за рутниот сегмент RUDNO-INLOT (прилагодување на брзина на +/-0.02М) одбрани се две нивоа на лет: FL 350 и FL330. 12 лета првично се на FL 330, а само 10 лета се на FL350. 83.33% ја преферираат целната брзина од 0.78М за синхронизирање на протокот на FL330, а 40 %од сообраќајот е со брзина од 0.74М на FL 350. Сите овие летови кои не се одвиваат во рамките на целната брзина добиваат инструкции да преминат на соседните нивоа на лет.

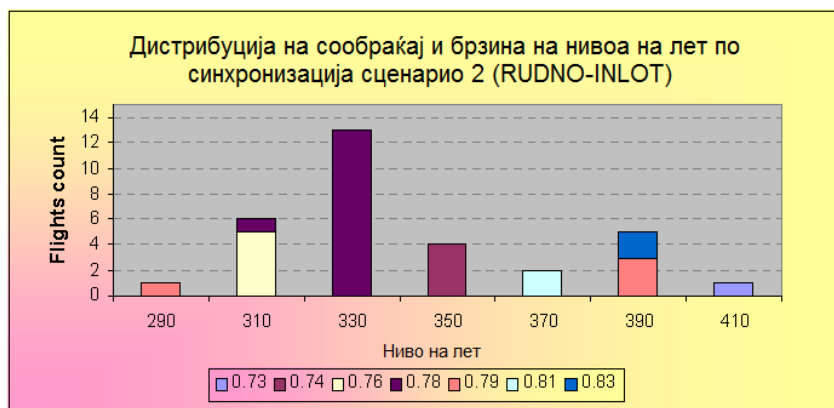
Од синхронизацијата се засегнати само 7 лета; 5 со промена на брзина и 2 со промена на висина. Ова е резултатот на слабиот сообраќај на рутниот сегмент дури и за време на 5-те врвни часа со 32 лета. На 2 воздухоплова им се дава инструкција да го сменат нивото на лет преку две нивоа во согласност со перформансите на воздухопловот. Стандардното отстапување на бројот на летови меѓу нивоа на лет е покачено од 4.65 на 5.16. По синхронизацијата, 14 лета останале на FL330, а 7 лета на лета на FL350 (Диј. 5.10).



Диј. 5.10: Сценарио 1 - Дистрибуција на брзина и сообраќај на RUDNO-INLOT по синхронизацијата

Извор: Изработено од кандидатот

Во сценарио 2 (прилагодување на брзина од +/-0.01M) одбрани се две нивоа на лет: FL 330 се целна брзина 0.78M и FL 350 со целна брзина 0.74M. По синхронизацијата, 12 лета остануваат на FL330, а 4 лета на FL350. Оваа измена на алгоритмот доведе до зголемен број на вертикални движења за да се добие синхронизиран проток. Ова е резултат на помалиот опсег на брзина од +/-0.01M отколку во сценарио 1, каде опсегот на брзина е +/-0.02M, оттаму помалку воздухоплови остануваат на целното ниво на лет. На Диј. 5.11 се гледа како дистрибуцијата на сообраќај е сменета во споредба со сценарио 1 и сценарио 2.



Диј. 5.11: Сценарио 2 - дистрибуција на брзина и сообраќај на сегментот RUDNO-INLOT по синхронизација

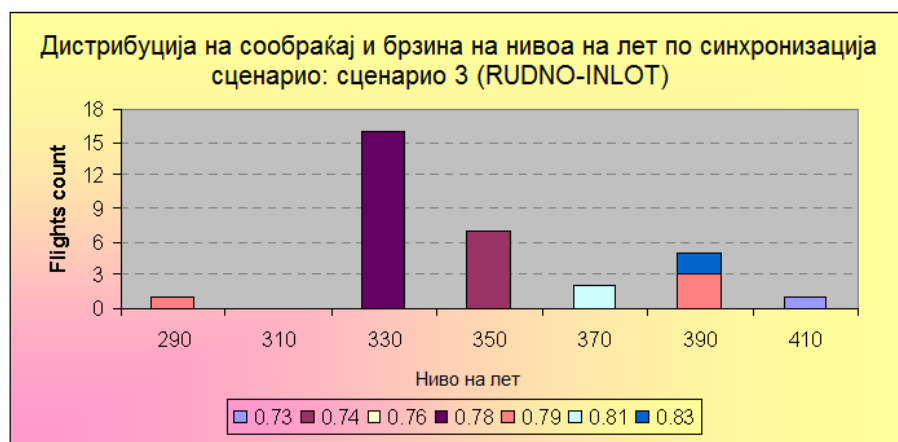
Извор: Изработено од кандидатот

Според ова сценарио повторно се засегнати 7 лета кои не ја смениле брзината. На два лета им е дадена инструкција да го сменат нивото на лет преку 2 нивоа како

результат на ограничувањата на перформансите на воздухопловот. На 3 лета со брзина од 0.76М им е дадена инструкција да го сменат нивото на лет преку 4 нивоа од FL330 на FL310 бидејќи FL350 е целно ниво на лет со целна брзина 0.78М. Стандардното отстапување на бројот на летови меѓу нивоа на лет е намалено од 4.65 на 4.19.

Сценарио 3 е модификација на сценарио 1 со дополнително правило. Во овој случај на летовите на соседните нивоа на лет кои се одвиваат со целната брзина им се дава инструкција да се приклучат на протокот на целното ниво на лет. На Диј. 5.12 очигледно е дека во сценарио 3, 16 лета се на FL330, а 7 лета на FL350.

Од вкупно 32 лета кои се засегнати од модификациите на алгоритмот во сценарио 3, 5 лета ја смениле брзината во фазата на крстосување, а на 4 лета им е дадена инструкција да го сменат нивото на лет. Подобрно е да се смени нивото на лет на друго целно ниво на лет отколку да се смени брзината на летање на еден лет кој се одвива со целна брзина на друго целно ниво на лет. Стандардното отстапување на бројот на летови меѓу нивоа на лет се зголеми од 4.56 на 5.6. На Диј. 5.12 е дадена дистрибуцијата на брзината и сообраќајот за ова сценарио.



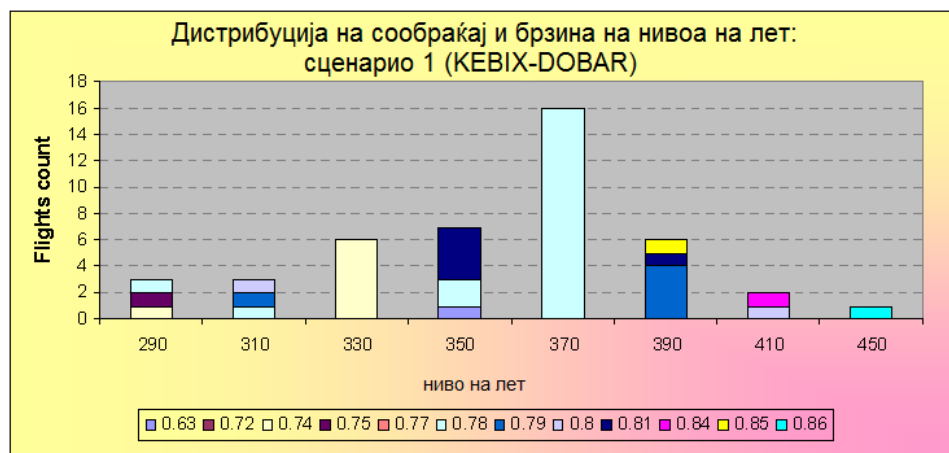
Диј. 5.12: Сценарио 3 - Дистрибуција на сообраќај и брзина на сегментот RUDNO-INLOT по синхронизацијата

Извор: Изработено од кандидатот

- Рута KEBIX-DOBAR

Овде, FL330 со целна брзина 0.74М (44.4%) и FL370 со целна брзина 0.78М (68%) се избрани за синхронизација.

Во сценарио 1 на рутниот сегмент KEBIX-DOBAR, само 3 лета ја прилагодуваат нивната брзина на крстосување, од кои два добиваат забрзување. На 6 лета им е дадена инструкција да го сменат нивото на лет од FL330 на FL310, а три лета од FL350 на FL350. Со ова се намалува нерамнотежата на оптоварувањето што е резултат на различните брзини на FL 330 (Диј 5.12). Вкупниот број на засегнати летови е 27.3% од сообраќајот на оваа рута. Стандардното отстапување на бројот на летови меѓу нивоа на лет е намалено од 7.23 на 4.75. На Диј 5.13 е дадена дистрибуцијата на сообраќај по синхронизацијата.



Диј. 5.13: Сценарио 1 - дистрибуција на брзина и сообраќај на сегментот KEBIX-DOBAR по синхронизацијата

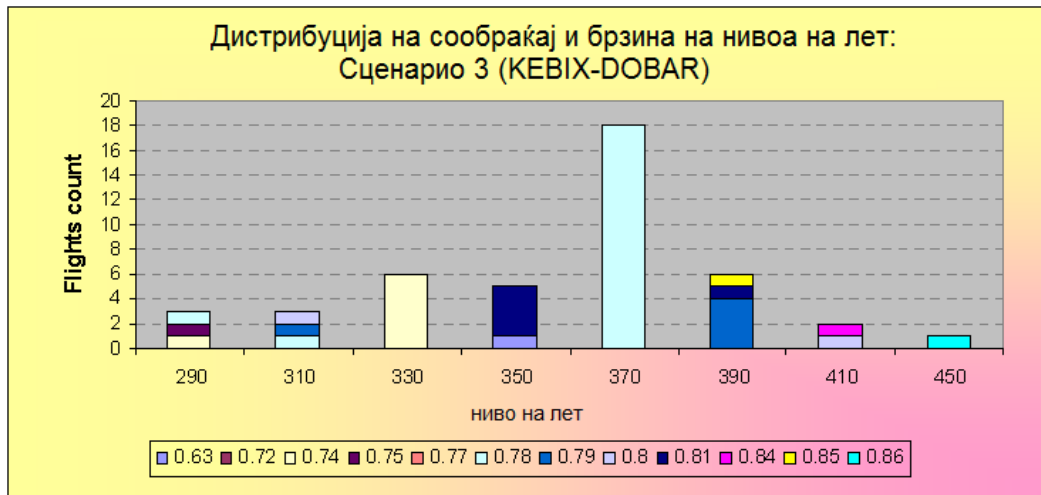
Извор: Изработено од кандидатот

Сценарио 2 не се направи. Разликата со сценарио 1 е само во 1 лет, кој место да ја прилагоди брзината (како во сценарио 1), добива инструкција да го смени нивото на лет. Резултатите би биле слични на оние во сценарио 1.

Модификацијата на брзината во сценарио 3 (модификација на сценарио 1 со дополнително правило) предизвика зголемен број на вертикални движења за да се добие синхронизиран проток. Во овој случај, летовите на соседните нивоа кои се одвиваат со целната брзина добиваат инструкција да се приклучат на целното ниво на лет.

Општо, 14 лета се засегнати, а 11 лета (78.6%) добиваат инструкции да го сменат нивото на лет. По синхронизацијата на целното ниво на лет 370, остануваат 18 лета во споредба со првичните 22 лета. На Диј. 5.14 е прикажано како дистрибуцијата на

сообраќај на нивоата на лет е сменета во споредба со основното сценарио. Стандардното отстапување на бројот на летови меѓу нивоа на лет е намалено од 7.23 на 5.37.



Диј. 5.14: Сценарио 3 - Дистрибуција на брзина и сообраќај на сегмент KEBIX-DOBAR по синхронизацијата

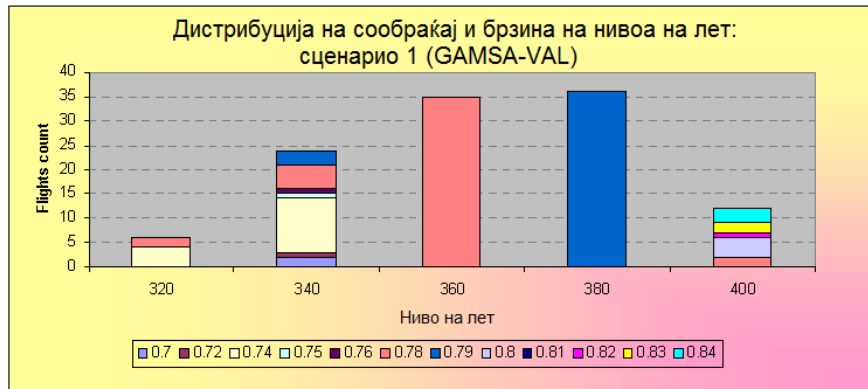
Извор: Изработено од кандидатот

- Рута GAMSA-VAL

Конкретниот проток на рутата GAMSA-VAL се пресметува со алгоритам три пати со две целни нивоа на лет FL 360 и FL380. 113 лета се на овој проток кои редовно се распространуваат преку нивоа на лет (Диј.5.15).

Во сценарио 1, првично 38 лета се на двете целни нивоа на лет FL 360 и FL380. 76.32% моментално ја преферираат целната брзина од 0.78M за синхронизирање на протокот на FL 360, а брзината од 0.79M на FL380 ја развиваат 60.53% од сообраќајот.

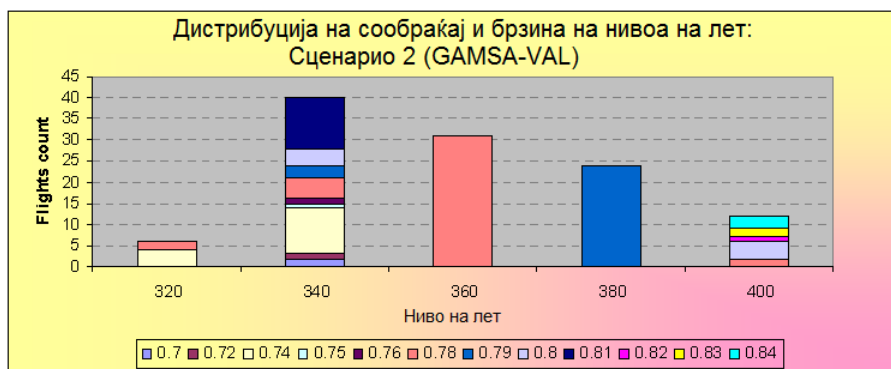
Општо, 24 лета се засегнати од синхронизацијата; 19 лета со промена на брзина, а 5 со промена на висина. На FL 380 13 лета ја намалуваат брзината на 0.8M, а на само 2 лета им се дава инструкција да ја сменат висината. На FL 360, на 6 лета им се дава инструкција да ја сменат брзината споредбено со 3 лета на кои им се дава инструкција да го сменат нивото на лет на FL340. По синхронизацијата, 35 лета остануваат на FL 360 и 36 лета на FL380. Стандардното отстапување на бројот на летови меѓу нивоа на лет е намалено од 15.09 на 13.45.



Диј. 5.15: Сценарио 1 - Дистрибуција на брзина и сообраќај на сегмент GAMSA-VAL по синхронизацијата

Извор: Изработено од кандидатот

Во сценарио 2 (прилагодување на брзина од +/-0.01M) по синхронизацијата, 31 лет останува на FL 360 во споредба со двојното покачување на сообраќајот на FL340 (40). Оваа измена на алгоритмот доведе до зголемен број на вертикални движења за да се добие синхронизиран проток. 24 лета биле засегнати, а на 87% им е дадена иснтрукција за промена на ниво на лет. 12 од нив морале да се симнат од FL380 на FL340 како резултат на целното FL360. На Диј. 5.16 се гледа дистрибуцијата на сообраќај на нивоа на лет.



Диј. 5.16: Сценарио 2 - Брзина и дистрибуција на сообраќај на сегмент GAMSA-VAL по синхронизацијата

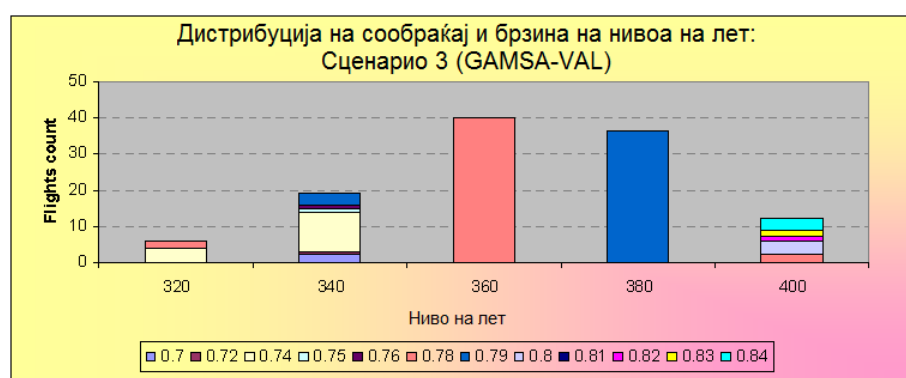
Извор: Изработено од кандидатот

Навременоста на оптоварувањето се намали како резултат на хетерогеноста на брзините на FL340 и FL400, како и на повторната дистрибуција на сообраќај.

Стандардното отстапување на бројот на летови меѓу нивоата на лет е зголемено од 15.09 на 13.81.

На Диј. 5.17 очигледно е дека според сценарио 3, 40 лета се на FL360 по синхронизацијата, а 36 лета се на FL380.

Од вкупно 29 лета (25.66% од општиот сообраќај) кои се засегнати од измените на алгоритмот во сценарио 3, 19 лета ја смениле брзината во фазата на крстосување, а на 10 лета им е дадена инструкција да го сменат нивоа на лет. Стандардното отстапување на бројот на летови меѓу нивоа на лет е намалено од 15.09 на 14.86. (Диј. 5.17).



Диј. 5.17: Сценарио 3 - Брзина и дистрибуција на сообраќај на сегмент GAMSA-VAL по синхронизацијата

Извор: Изработено од кандидатот

5.5.2.2 Вреднување (процена) на сценаријата за 2012 година

Степенот на синхронизација се подобри приближно за 20% во сите сценарија, освен во второто кое се однесува на сегментот GAMSA-VAL. (Т. 5.11). Високите вредности на синхронизација на рутата RUDNO-INLOT се должат на малиот број на летови кои го преферираат овој сегмент, но и на бројните промени за да се постигне синхронизација. Намалениот степен на синхронизација во сценарио 2 за сегментот GAMSA-VAL се должи на тоа што голем број летови преминува од целните нивоа на лет на соседните. Со ова се зголемува збирот на квадратни отстапувања од просечната брзина на ова ниво на лет.

Табела 5.11: Промена на степенот на синхронизација

Промена на степен на синхронизација [%]	RUDNO-INLOT			KEBIX-DOBAR			GAMSA-VAL		
	сцен. 1	сцен. 2	сцен. 3	сцен. 1	сцен. 3	сцен. 1	сцен. 2	сцен. 3	
	64.09	57.86	64.09	21.24	21.37	29.63	-58.51	44.41	

Извор: Изработено од кандидатот

Се пресметуваат параметарските вредности за секое сценарио. Повторно промените на протокот на сообраќај при синхронизацијата со прилагодување на брзина од +/-0.01 Mach се поголеми и поизразени отоколку во другите сценарија. Подобри резултати на индексот на групирање има во сценарио 1 за сите три рутни сегменти. Исклучок е ситуацијата GAMSA-VAL, каде индексот на групирање е намален во речиси сите ситуации. Ова се должи на хетерогеноста на брзината на соседните нивоа на лет по синхронизацијата на целните нивоа на лет. Индексот на групирање се намалува и тогаш кога има мал број на летови но со различни брзини во споредба со првичната ситуација (FL310 и FL390 на рутата KEBIX-DOBAR, сценарио 3). Ефектот од групирањето на целни нивоа на лет најмногу се подобрува преку:

1. сценарио 2 on FL350 на сегмент RUDNO-INLOT,
2. сценарио 1 на FL 330 на сегментот KEBIX-DOBAR и
3. сценарио 1 и 3 на FL380 на сегментот GAMSA-VAL.

Стандардното отстапување на бројот на летови меѓу нивоата на лет зависи директно од промените на оптоварувањето. Во сите сценарија, освен во сценаријата 1 и 3 на сегментот RUDNO-INLOT, вредноста на стандардното отстапување се подобри. Најточна навременост се добива во:

1. сценарио 2 на сегментот RUDNO-INLOT, кога вредноста на стандардното отстапување е 4.198 во споредба со првичното 4.650;
2. сценарио 1 на сегментот KEBIX-DOBAR со стандардно отстапување од 4.751 во споредба со првичното 7.231 и
3. сценарио 1 на сегментот GAMSA-VAL со стандардно отстапување од 13.446 во споредба со првичното 15.093.

Исто така, може да се утврди и друга корелација меѓу моментот на растурање и просечното оптоварување на секој интервал од 30 минути. Кога на летовите им се

даваат инструкции за преминување на и од нивоа на лет, исто така отстапувањето на просечната вредност се менува соодветно.

5.5.3 РЕЗИМЕ НА ДОБИЕНИТЕ РЕЗУЛТАТИ

Главна цел на синхронизацијата е да се добие организиран проток на сообраќај, каде воздухопловите се раздвојуваат со постојано растојание, и тоа со најмала можна измена. Се претпоставува дека со промената на нивоата се создаваат повеќе конфликтни ситуации отколку со прилагодување на брзината.

За да се подобрат другите критериуми, како што е навременоста, мора да се земат предвид и другите сценарија. На пример, оптоварувањето меѓу нивоа на лет на рутата RONDO-INLOT е поурамнотежено во сценарио 2.

Со ова се покажува дека одбраните критериуми даваат спротивни резултати.

Во Табела 5.12 е прикажана придобивката од сите сценарија на дневен сообраќај за 2009 година, а во Табела 5.13 - преглед на придобивките на сите сценарија во 5 часа врвно оптоварување во 2012 година.

Табела 5.12: Преглед на придобивките за сите сценарија (дневен сообраќај во 2009 год.)

	RUDNO-INLOT			KEBIX-DOBAR			GAMSA-VAL	
	сценарио1	сценарио 2	сценарио 3	сценарио1	сценарио 2	сценарио 3	сценарио1	сценарио 2
FL промена	18	72	98	10	35	26	9	37
Промена на брзина	62	8	8	28	3	28	30	2
Придобивки								
Подбрен степен на синхрониз. на рута	Да	Да	Да	Да	Не	Да	Да	Да
Потенцијални конфликти во протокот, намалени со синхронизација	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Поурамнотежено оптоварување	Да	Да	Не	Да	Да	Не	Да	Да
Групирање намалено на нивоа на лет	Делумно	Да	Да	Да	Делумно	Да	Да	Да

Извор: Изработено од кандидатот

Табела 5.13: Преглед на придобивките за сите сценарија (5 часа врвно оптоварување во 2012 год.)

	RUDNO-INLOT			KEBIX-DOBAR		GAMSA-VAL		
	сценарио 1	сценарио 2	сценарио 3	сценарио 1	сценарио 3	сценарио 1	сценарио 2	сценарио 3
FL промени	3	8	4	9	11	5	21	26
Промен на брзина	5	0	5	3	3	19	3	28
Придобивки								
Подобрен степен на синхрониз. на рута	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Не	Да
Потенцијални конфликти во проток намалени со синхронизација	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Поурамнотежено оптоварување	Не	Да	Не	Да	Да	Да	Да	Да
Групирање намалено на нивоа на лет	Делумно	Не	Да	Делумно	Делумно	Делумно	Не	Не

Извор: Изработено од кандидатот

Во сите сценарија на двата примерока на сообраќај, се намалуваат потенцијалните конфликти на протокот во функција на синхронизацијата на целни нивоа на лет. Дополнително, се подобрува предвидливоста на целните нивоа на лет, бидејќи со синхронизација се утврдува единствена заедничка брзина на лет на овие нивоа на лет. Оптоварувањето е поврамнотежено во сите ситуации, освен во сценарио 3 како резултат на промените на нивоа на лет, доведувајќи до големи можности за вертикални конфликтни ситуации.

Синхронизацијата на примерокот во текот на 24 часа и за време на 5 часа на врвно оптоварување не се разликуваат. Разликата е само во бројот на промени во брзина и на ниво на лет како резултат на помалиот број на летови.

Нема никакво значење да се земат предвид нивоата на лет, каде има мал обем на сообраќај поради фактот дека летовите се оддалечени еден од друг. Затоа не треба да се направи синхронизација. Тоа би довело до непотребна промена на брзина и ниво на лет. Пример, на FL290 на рутата RONDO-INLOT на која има 2.65% од целиот сообраќај, најмалото растојание меѓу два лета е 27 минути. Во оваа ситуација, побрзиот лет со брзина од 0.86 Mach го следи побавниот кој се одвива со брзина од 0.74 M. Кога вториот лет ја надлетува дел на областа на ЦЕ, растојанието со првиот лет

е 20 минути. Ова значи дека летовите не се наоѓаат во потенцијално конфликтна ситуација. Од друга страна, на FL 370 (каде има 40.4%), има растојанија кои се многу помали со поголема можност за конфликтна ситуација како резултат на различната брзина на нивоа на лет.

Сите позитивни страни во сценарио 2 и 3 не ги надминуваат оние во сценарио 1. Сценарио 1 претставува најмало работно оптоварување за контролорите во однос на потребните одобрувања за висина и брзина при синхронизацијата, како и најмал трошок за воздухопловните компании земајќи ја предвид предвидливоста. Други предности на ова сценарио се:

1. помалку промени во висина,
2. поурамнотежено оптоварување по синхронизацијата
3. подобро групирање.

Ако се сумираат сите аргументи, сценариото 1 во сите рутни пресметки е соодветна опција за двете ситуации во 2009 и 2012 година.

ГЛАВА 6.

ТЕСТИРАЊЕ И ВЕРИФИКАЦИЈА НА МОДЕЛОТ НА СИНХРОНИЗАЦИЈА НА СООБРАЌАЈОТ

6.1 Анализа на варијансата

6.2 Експериментални симулации – проценка на продуктивноста и капацитетот

6.2.1 ДЕФИНИРАЊЕ НА СЦЕНАРИЈА

6.2.2 АНАЛИЗА НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОД СИМУЛАЦИЈАТА

6.2.2.1 Рутно доцнење

6.2.2.2 Продуктивност на сектор

6.2.2.3 Капацитет на воздушен простор и работно оптоварување на контролор

6.2.2.4 Конфликтни варијации

6.2.2.5 Потрошувачка на гориво

6.2.3 ВЛЕЗНИ ПОДАТОЦИ ЗА СИМУЛАЦИЈАТА

6.2.3.1 Примерок на сообраќај

6.2.3.2 Рутна мрежа и структура на воздухоплов

6.2.3.3 Перформанси на воздухоплов- BADA модел на енергија

6.2.3.4 Капацитет и методологија на работно оптоварување

6.2.4 ПРОВЕРКА НА МОДЕЛОТ И ОГРАНИЧУВАЊА

6.3 Дискусија на резултатите

6.3.1. РУТНО ДОЦНЕЊЕ

6.3.2 ПРОДУКТИВНОСТ НА СЕКТОР

6.3.3 КАПАЦИТЕТ НА ВОЗДУШЕН ПРОСТОР И РАБОТНО ОПТОВАРУВАЊЕ НА КОНТРОЛОРОТ НА ЛЕТАЊЕ

6.3.4 ВАРИЈАЦИИ НА КОНФЛИКТИ

6.3.5. ПОТРОШУВАЧКА НА ГОРИВО

6.4. Резиме од тестирањето на моделот

6. ТЕСТИРАЊЕ И ВЕРИФИКАЦИЈА НА МОДЕЛОТ НА СИНХРОНИЗАЦИЈА НА СООБРАЌАЈОТ

Со цел да се докаже дека синхронизацијата е соодветен приод за рутна оптимизација на независните протоци, се изведе експериментално статистичко тестирање. Со статистичко тестирање се подобрува навременоста во и меѓу нивоата на лет, и затоа капацитетот на воздушниот простор може да се искористи по ефикасно. Преферирајќи што е можно помалку измени во висина, преку сценарио со прилагодување на висина над $\pm 0.02\text{M}$ се добиваат подобри резултати (сценарио 1) и се сугерира истото да се одбере за погодна опција. Евентуално на друга рута каде има специфична ситуација на сообраќај, алгоритмот со кој се креира сценарио 2 е подобро решение. Со параметарска брзина нагодена на $\pm 0.01\text{M}$, алгоритмот нуди повеќе прилагодувања на висината, а оттука произлегува рамнотеженост на оптоварувањето со сообраќај. Со пресметките се покажа дека степенот на синхронизација е зголемен за приближно 20% во секое сценарио освен во второто за рутата BUDEX-KEROP.

Обработените резултати беа докажани, а моделот проверен во две различни ситуации на сообраќај и различни рути. Досега, синхронизацијата на сообраќајот се изведуваше на независни протоци без влијание на рутната мрежа. Сепак, моделот треба да се провери со тестирање на времето на симулација на модел на комплексни рутни сценарија со цел да се проценат очекуваните предности во однос на продуктивноста на контролорот, капацитетот на воздушниот простор и конфликтните ситуации.

Резултатот од статистичкото тестирање на синхронизација на независни протоци е скапоцен извор на информации, кои може да се користат во други проекти и студии кои се однесуваат на брзината.

6.1 Анализа на варијансата

Се направи статистичко тестирање во кој се измери капацитетот на воздушниот простор на три различни нивоа на сообраќај, при што е земен голем број на примероци за секое ниво. Бидејќи референтните сценарија не беа еднакви за нивоата на сообраќај, само процентот на подобрувања можеше да се употреби за мерење на

степенот и статистичкото значење на резултатите. Во Табела 6.1 се дадени параметри на 3 групи на влезни податоци за процентот на подобрување на капацитетот без разлика на мерливите варијабли во споредба со референтното сценарио.

Табела 6.1: Подобрување на капацитетот на воздушниот простор меѓу 2009, 2012 и 2015 година (во %)

ВЛЕЗ НА ПОДАТОЦИ	Мерење на подобрување на капацитетот на воздушен простор меѓу 2009,2012,2015 [%]		
	2009	2012	2015
	0,80	0,57	-0,09
	0,86	0,73	0,57
	0,75	1,79	1,07
	0,79	1,85	0,99
	0,80	2,65	2,56
	0,80	2,04	2,05
	0,75	1,92	1,36
	0,78	1,86	0,40
	1,41	3,62	3,28
	1,41	3,50	4,37
	1,18	1,88	3,43
	1,28	1,44	4,06
	1,48	5,30	3,36
	1,49	2,60	3,25
	1,07	1,74	3,36
	1,07	2,73	3,08
	1,42	4,57	4,93
	1,42	3,31	4,38
	1,22	2,41	2,74
	1,22	1,44	1,99
	1,51	4,60	4,90
	1,51	4,20	4,74
	1,13	2,38	2,91
	1,13	1,80	3,60

Извор: Изработено од кандидатот

Добро е да се знае ако разликата во капацитетот на воздушниот простор е резултат на синхронизацијата на различни нивоа на сообраќај на ниво на значајност 0.05 како критериум за одлучување. Резултатите од статистичкото тестирање се прикажани во Т. 6.2.

Табела 6.2: Анализа на варијансата

Анализа на варијанса					
Извор	Збир на квадрати	Степен на слобода	Просечни квадрати	F-големина	P-средна вредност
Меѓу групи	39,49	2	19,7445	15,8726	< 0,001
Во групи	85,83	69	1,2439		
Вкупно	125,32	71			

Извор Изработено од кандидатот

Критичната вредност од табелата F (2, 69) на ниво на значајност 0.05 е 3.238. Пресметаната критичната вредност е поголема од статистичката вредност - 15.8726 > 3.328. Критичната вредност од табелата F е веројатноста за помала од средна вредност P 0.001. Нема виртуелна можност оваа голема разлика во средните вредности меѓу подобрувањата на капацитетот на воздушен простор во 2009 година, 2012 и 2015 година да е резултат на грешка при земањето примерок, ако средната вредност на групата на капацитетот на воздушен простор била идентична.

Двете варијанси се цврсто поврзани - примена на синхронизацијата на сообраќајот во различни нивоа, независната варијанса влијае на подобрување на вредностите на капацитетот на воздушен простор, што е зависна варијансата.

Групите се разликуваат; па се применува Tukey's Post Hoc Test. Тестот „Honestly Significantly Different“ (HSD) кој го предлага статистичарот John Tukey е заснован на тестирање на сите разлики меѓу паровите на вредности.

За да се тестираат сите споредби на парови меѓу вредностите, се добива:

$q = \frac{M_i - M_j}{\sqrt{MS_{wg} \left(\frac{1}{N} \right)}}$	(6.1)
$M_i - M_j$... разлика меѓу вредностите ith и jth
MS_{wg}	... средна квадратна грешка
N	... големина на примерок на групи i и j
Q	... HSD

Во споредба на 2009 наспроти 2012 година е $q = 10.45$, $q_C = 10.45 > q_{ST} = 3.4$ (критични вредности за q_{ST} одговара на $\alpha = 0.05$) и споредба на 2009 наспроти претоставките во 2015 година е $q = 12.41$, $q_C = 12.41 > q_{ST} = 3.4$ и 2012 наспроти претоставките во 2015 година е $q = 1.96$, $q_C = 1.96 < q_{ST} = 3.4$

Наспроти табелата на значајност/веројатност на Tukey, споредбата меѓу вредностите во 2009 и 2012 и 2009 – 2015 е доста различна, но не и споредбата 2012 – 2015. Резултатите од тестот на Tukey делумно ја потврдуваат нултата хипотеза. Подобрувањето на капацитетот на воздушен простор со примена на синхронизација на нивото на сообраќај 2015 не е доста подобро во споредба со 2012, но е доста подобро во 2015 и 2012 во споредба со 2009 година.

6.2 Експериментални симулации – проценка на продуктивноста и капацитетот

Цел на проценката на продуктивност и капацитет е да се провери потенцијалното влијание на синхронизацијата на сообраќај со посебен осврт на продуктивноста на контролорот и бројот на конфликтни ситуации како придонес кон безбедноста и капацитетот на воздушниот простор.

Експериментирањето на синхронизацијата на сообраќај се симулира и споредува со тековните првични ситуации во три различни ситуации во дел на областа на ЦЕ во: 2009, 2012 и претоставка за 2015 година. Сценаријата се симулираа на Реорганизираниот математички симулатор за контрола на летање - Reorganized ATC Mathematical Simulator (RAMS Plus™) верзија 5.0.

6.2.1 ДЕФИНИРАЊЕ НА СЦЕНАРИЈА

Симулацијата се одвива:

1. Со референтен сообраќај
2. Различни сценарија (промени) на сценарија на сообраќај, каде летовите кои припаѓаат на главните протоци треба да се синхронизираат. Бројот на откриени конфликти наложува споредба на овие ситуации, земајќи предвид дека летовите кои го следат истиот проток се одвиваат со иста брзина и треба да се одржат на безбедно растојание со другиот сообраќај на трасата.

При референтен сообраќај, плановите на сообраќај се земаат какви што се. При сменет сообраќај, летовите кои се дел од целниот проток, ја следат истата брзина. Другите летови ја следат нивната стандардна рута според планот на летање. Планирањето на воздушниот простор, референтната рутна мрежа и сменетите

сценарија се секогаш исти. Разликата е во процедурите на контролорите на крајните сектори - кој е главниот проток. Ова се прави во сектори тогаш кога има синхронизација на сите летови им се одредува целна брзина по целните нивоа на лет.

Како дел од екпериментот, се создаваат 25 различни сценарија, почнувајќи од референтното сценарио со примена на тековните практики за секое од трите различни ситуации (вкупно 75 сценарија). 4 променливи величини ги одредуваат сценаријата:

- a) 1 рута, 2 рути на вкрстување и 3 рути
- b) прилагодување на брзина: +/-6 јазли +/-12 јазли
- c) синхронизација во самиот сектор или меѓу секторите
- d) синхронизација на 1 или 2 нивоа на лет

Синхронизацијата во самиот сектор значи дека има синхронизиран проток во еден сектор во споредба со синхронизацијата меѓу сектори со која се преминува границата на секторот. Затоа:

- синхронизацијата во самиот сектор треба да се добие до најблискиот навигациски уред до излез на прв сектор.
- синхронизацијата меѓу сектори треба да се добие до најблискиот навигациски уред до излез на втор сектор.

Сценаријата со 1,2, или 3 протока се исти (Т. 6.3).

Врз основа на заклучоците од првите резултати од синхронизацијата на независните протоци, се разгледуваат две сценарија на алгоритмот заснован на правилото:

1. Прилагодување на брзината на ниво на лет од +/-12 јазли;
2. Прилагодување на брзината на ниво на лет од +/- 6 јазли

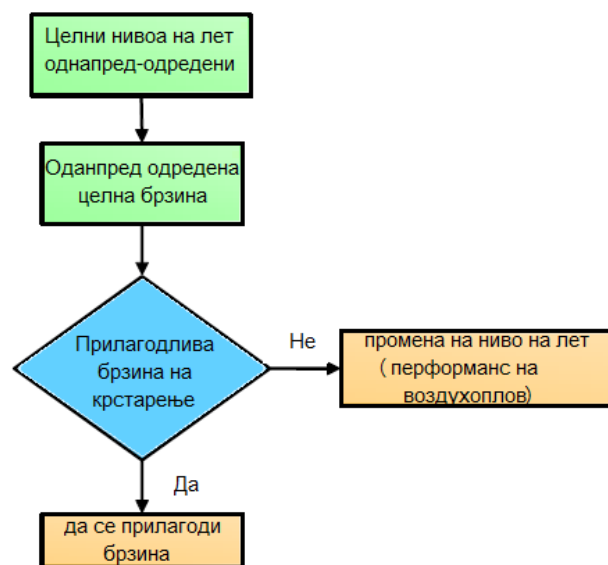
Табела 6.3: Видови сценарија

	сцен. 1	сцен. 2	сцен. 3	сцен. 4	сцен. 5	сцен. 6	сцен. 7	сцен. 8
опсег на брзина	+/- 6 јазол	+/- 6 јазол	+/- 12 јазол	+/- 12 јазол	+/- 6 јазол	+/- 6 јазол	+/- 12 јазол	+/- 12 јазол
број нивоа на лет синхронизирани	1 FL	2 FLs	1 FL	2 FLs	1 FL	2 FLs	1 FL	2 FLs
синхронизација до крајот на	1 сектор	1 сектор	1 сектор	1 сектор	2 сектор	2 сектор	2 сектор	2 сектор

Извор: Изработено од кандидатот

Со параметрите на алгоритмот кои се дадени во Гл. 5 се поставуваат ограничувањата за промена на брзина и/или висина. Опсегот на +/- 0.02 Mach (+/- 12јазли) е вредност со која се означува брзината со која еден воздухоплов може да ја прилагоди својата брзина во фазата на крстосување без проблеми. Сепак, контролорот мора да ги земе предвид можностите на секој воздухоплов за време на летот (Диј. 6.1).

Како резултат на ограничувањата кои ги налагаат правилата на симулаторот, не се следи само алгоритмот, но им се дава место на контролорите да одлучат дали за време на летот треба да се прилагоди брзината или да се промени нивото на лет. Целните нивоа на лет и брзините се однапред одредени пред симулацијата, водејќи сметка за сообраќајот и дистрибуцијата на брзина на одбраните протоци.



Дијаграм 6.1: Структура на алгоритмот

Извор: Изработено од кандидатот

За основа се земено две различни симулации, протоците се различни, бидејќи зависат од конкретната дистрибуција на сообраќај. Во овие три протока на кои се одвива најголем број од летовите без разлика на нивото на сообраќај:

1. 2009: RUDNO-INLOT, BUDEX-KEROP и GAMSА-VAL
2. 2012: RUDNO-INL0D, KEBIX-DOBAR и GAMSА-VAL
3. 2015: NETES-INLOT, KEBIX-DOBAR и GAMSА-VAL

Синхронизацијата се врши на влезот на определениот дел на ЦЕ. Се претпоставува дека малите прилагодувања на брзината и висината, овозможени од алгоритамски правила, се изведуваат брзо. Затоа, промените во брзината или во

висината се изведуваат на првата точка на рутата (waypoint) по минување на дел на границата на ЦЕ.

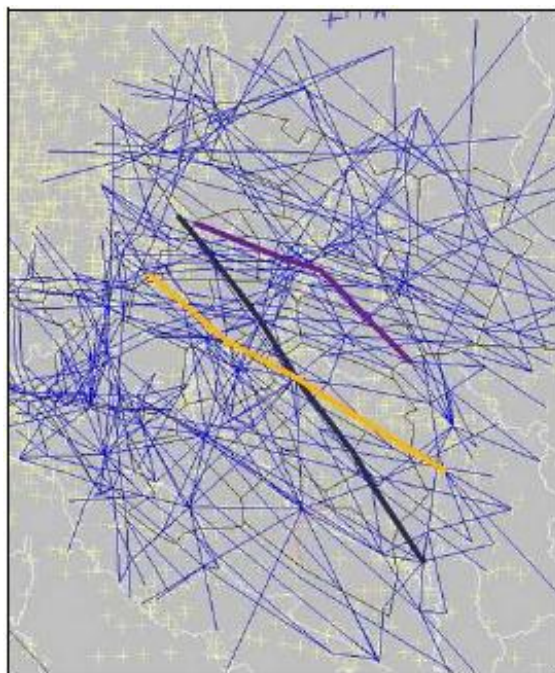
За да се справат со податоците, двете целни нивоа кои се најоптоварени на овие рути се одбрани за синхронизација.

- За 2009 година (Сл. 6.1):

RUDNO-INLOT: FL 350 – одредена брзина 0.78M; FL 370 – одредена брзина 0.8M

BUDEX-KEROP: FL 380 – одредена брзина 0.78M; FL 360 – одредена брзина 0.78M

GAMSA-VAL: FL 360 – одредена брзина 0.8M; FL 380 – одредена брзина 0.79M



Слика 6.1: Целни протоци – RUDNO-INLOT (жолт), BUDEX-KERUP (лилав) GAMSA-VAL (црн)

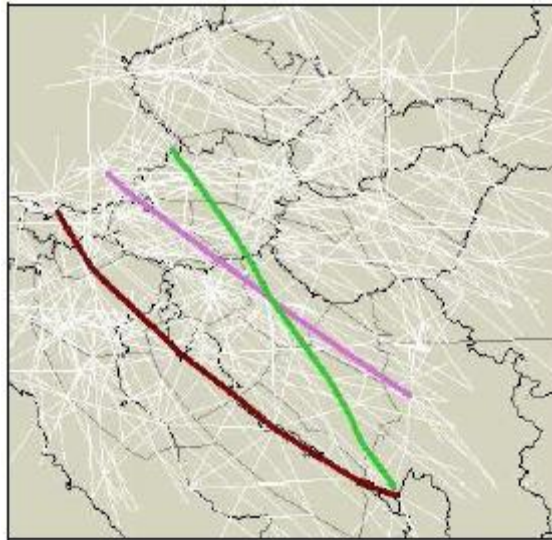
Извор: Изработено од кандидатот

- За 2012 година (Сл. 6.2):

RUDNO-INLOT: FL 330 – одредена брзина 0.78M; FL 370 – одредена брзина 0.74M

KEBIX-DOBAR: FL 330 – одредена брзина 0.74M; FL 370 – одредена брзина 0.78M

GAMSA-VAL: FL 360 – одредена брзина 0.78M; FL 380 – одредена брзина 0.79M



Слика 6.2: Целни протоци –RUDNO-INLOT (лилав), KEBIX-DOBAR (кафен), GAMSA-VAL (зелен)

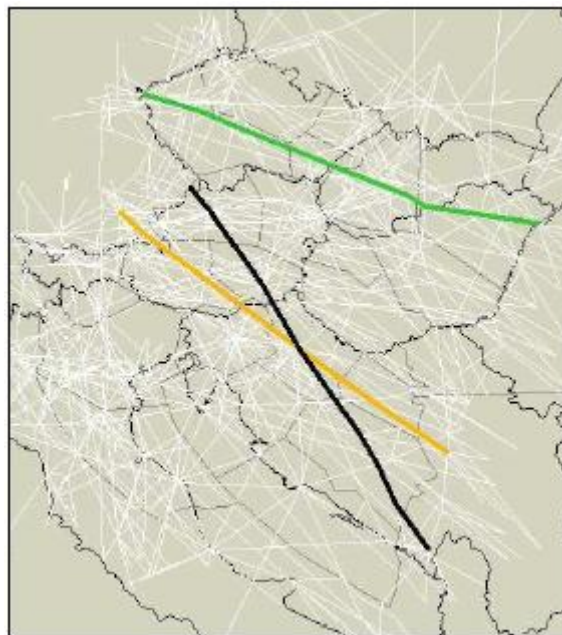
Извор: Изработено од кандидатот

- За 2015 година (Сл. 6.3):

NETES-INLOT: FL 370 – одредена брзина 0.78М; FL 350 – одредена брзина 0.78М

KEBIX-DOBAR: FL 360 – одредена брзина 0.76М; FL 380 – одредена брзина 0.78М

GAMSA-VAL: FL 340 – одредена брзина 0.78М; FL 380 – одредена брзина 0.85М



Слика 6.3: Целни протоци – NETES-INLOT(жолт), KEBIX-DOBAR(зелен), GAMSA-VAL (црн)

Избор: Изработено од кандидатот

Резиме на претпоставките:

Се истражуваат три протоци за секој примерок на сообраќај кој минува низ воздушниот простор на дел на ЦЕ, односно:

- 2 еднонасочни рути и 1 двенасочна
- 2 паралелни протока, и еден премин

За синхронизација се одбрани две нивоа на лет за секој проток.

Земени се предвид сите летови кои преферираат целни нивоа на лет на рутата.

Синхронизација на првиот проток по влезот на делот на ЦЕ.

6.2.2 АНАЛИЗА НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОД СИМУЛАЦИЈАТА

За анализа на резултатите, се прават сценарија на сообраќај на три различни нивоа. Цел е со мерење да се провери капацитетот на рутниот воздушен простор (особено на рутите) со цел да се опслужи зголемениот обем на сообраќај преку зголемување на рутата. Овој фактор влијае на работното оптоварување на контролорот и е од особено значење при неговото намалување.

6.2.2.1 Рутно доцнење

Рутното доцнење се дефинира како разлика меѓу планираното и конкретното време на активности во рутното окружување. Просечното рутно доцнење ($D_{A/C}$ / C) за воздухоплов е еднакво на збирот на сите рутни доцнења во симулираниот период поделено со вкупниот број на летови во даден временски период.

$D_{A/C} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{N}$	(6.2)
D_i [min]	... доцнење на лет i
N	... вкупен број на летови
$D_{A/C}$ [min]	... просечно рутно доцнење за лет

Во ова истражување периодот на симулација беше 2 часа за време не утринскиот врвен час.

6.2.2.2 Продуктивност на сектор

Продуктивноста на секторот се дефинира како летови/час, кои се опслужени од центарот на сектор-часови на отвореност. Тоа е бројот на летови кои се истовремено контролирани во даден сектор, како просек на сите сектори во центарот. Продуктивноста на секторот се должи на секторскиот капацитет (т.е. бројот на влезови во сектор/час) и просечното време на транзит на прелетите во секторот.

6.2.2.3 Капацитет на воздушен простор и работно оптоварување на контролор

Во моделот на брзи симулации (Fast-time Model Simulations) мерењето на работното оптоварување се изведува со математичка пресметка на вкупното работно време забележано за секоја работна задача на контролата на летање (управување со податоци за лет, координации, пребарување кофликт, R/T при рутински ситуации, радар). Главната поделба во дел на студиите во ЦЕ како и секоја категорија се состои од пар на задачи на контролата на летање. Овие задачи ги извршуваат одредени лица, на пр. планер и извршен контролор итн.

Задачите на контролата на летање ги извршуваат контролорите на своите позиции во согласност со екипираноста на секторите и распределбата на задачи одредени за секој симулиран сектор. Затоа на RAMS симулаторот може да се пресмета конкретното работно оптоварување и процентот на оптоварување на секоја позиција. Општо, вредноста која се употребува за интерпретирање на контролорското оптоварување е оптоварувањето за време на врвниот час (Peak Hour Loading)..

Врвен час е вкупното време минато на работна позиција, извршувајќи ги задачите забележани на RAMS симулаторот за време од 60 минути кога има најмногу задушување на таа позиција. Се изразува во процент од 60 минути. Конкретното траење на врвниот час се менува од позиција на позиција. Со процентот на оптоварување за време на врвниот час се проценуваат проблемите кои се резултат од работното оптоварување на поединечната работна позиција.

За реален приказ како променливата сообраќајна ситуација влијае на работното оптоварување на контролорот, и бидејќи се симулираат само 2 часа на ден, конкретното работно оптоварување и процентот се мерат на секои 15 минути. За да се

интерпретираат овие оптоварувања, се користат следните приближни критериуми за да се опише секое ниво :

1. Претерано оптоварување за време на врвен час надминува 70%
2. Големо оптоварување за време на врвен час надминува 55%

Треба да се напомене дека резултатите од работното оптоварување од ова истражување се препорачуваат како основа за други студии. Овие резултати може да се употребуваат за споредување на секторите и сценаријата, но не треба да се земат предвид како „апсолутни големини“, бидејќи брзите симулации не го вклучуваат човечкиот фактор во врска со поединечните контролори на летање.

6.2.2.4 Конфликтни варијации

Друга придобивка од синхронизацијата се пресметува со споредување на бројот и видот на конфликти кои се откриени во референтниот сообраќај со бројот на конфликти во реорганизираниот сообраќај, елиминирајќи ги конфликтите меѓу летовите на истиот проток.

6.2.2.5 Потрошувачка на гориво

Се направи и друго мерење, бидејќи со измените во брзината и висината се менува стапката на потрошено гориво. Просечната потрошувачка (DA/C) за секој воздухоплов е еднаква на збирот на вкупното потрошено гориво во симулираниот период поделен со вкупниот број на летови во даден временски период. (Р-ка 6.3)

$f_{A/C} = \frac{\sum_{i=1}^n f_i}{N}$	(6.3)
f_i [kg/min] ... потрошено гориво за лет i N ... вкупен број на летови $f_{A/C}$ [kg/min] ... просечно потрошено гориво за воздухоплов	

Интервалот на симулирање е два часа за време на утринскиот врвен час.

6.2.3 ВЛЕЗНИ ПОДАТОЦИ ЗА СИМУЛАЦИЈАТА

6.2.3.1 Примерок на сообраќај

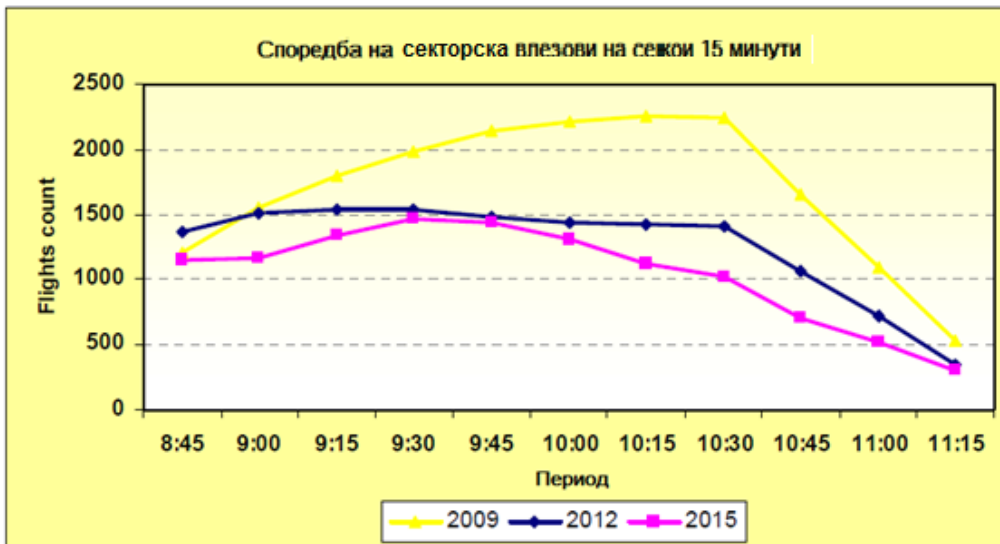
При моделирање се употребуваат податоците кои се добиваат при двете брзи симулации, кои се основа за компаративна анализа. За истражувањето се земени три примерока на сообраќај во текот на 24 часа (28 јуни, 2002 година, 10 септември, 2004 година, 11 ноември 2004 година). За идните сценарија се добиваат групи на примероци на сообраќај со покачување од 36% во првиот случај (како што е проценето во 2009 година во FTS4) и сообраќај во другите два примерока за годините 2012 и 2015 (Brain, FTS6). Овие референтни денови, кога има покачен сообраќај, се одбрани затоа што тогаш има доволно метеж за да се осигура можноста за сценарија со кои ќе се овозможи синхронизација на сообраќај (Т. 6.4).

Табела 6.4: Примероци на сообраќај

примерок на сообраќај: 2 вр. часа во утрински часови	број на А/С FL285 - 660	летови на одбрана рута
Вр. час 28/06/02 покачен на '09 ниво	1401	247
Вр. час 10/09/04 покачен на '12 ниво	1738	276
Просек-11/11/04 покачен на 2015 ниво	1926	342

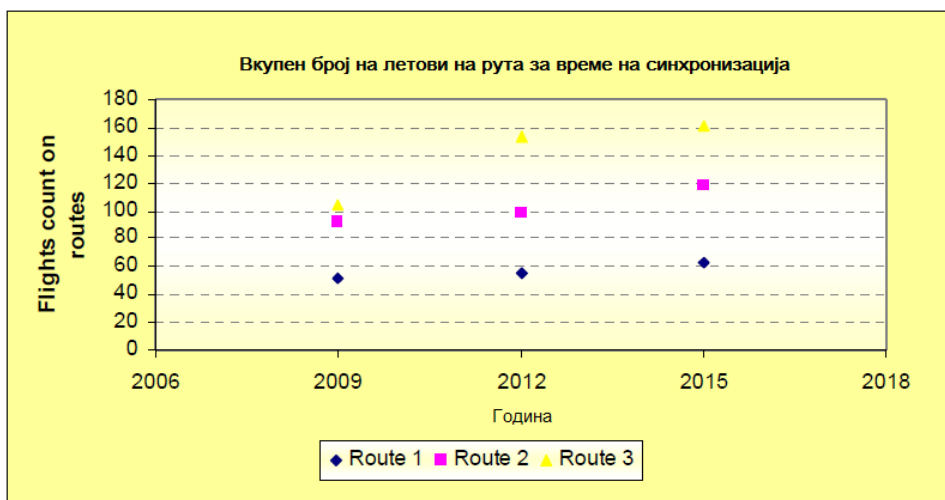
Извор: Изработено од кандидатот

Споредбата на општиот сообраќај со сообраќајот на целните рути на 3 нивоа на сообраќај е дадена на Сл. 6.1 и 6.2, а дистрибуцијата на видовите на воздухоплови е дадена на Сл. 6.3. Овие примероци на сообраќај се употребуваат во референтните сценарија на претстојното оптоварување со сообраќај. Референтните сценарија се споредуваат со изменетите - каде има друга примена на алгоритам заснован на правилото за да се направи синхронизација. (Диј. 6.1- Диј. 6.2).



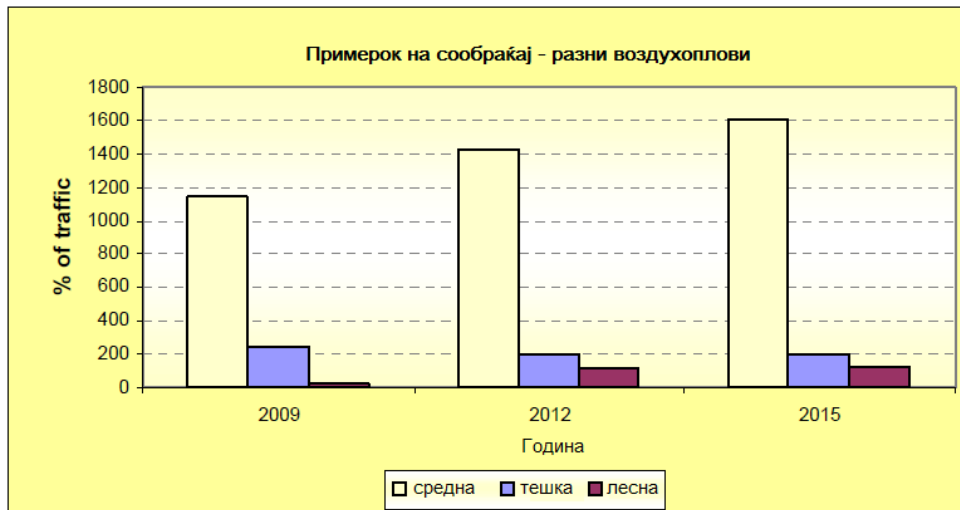
Диј. 6.2: Дистрибуција на сообраќај во 2009, 2012, 2015 за време на синхронизацијата (9:00-11:00)

Извор: Изработено од кандидатот



Диј. 6.3: Број на летови на целните рути за време на синхронизацијата

Извор: Изработено од кандидатот



Диј. 6.4: Разни воздухоплови – тешка категорија, средна, лесна

Извор: Изработено од кандидатот

6.2.3.2 Рутна мрежа и структура на воздухоплов

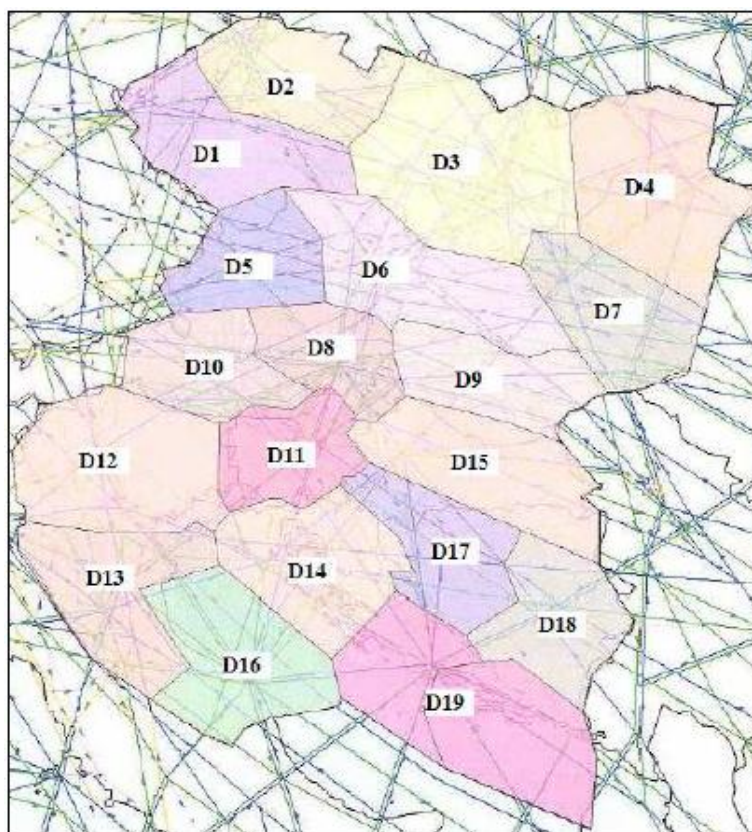
Во оваа симулација, главниот акцент е на рутното опкружување, особено во делот на ЦЕ – капацитет на воздушен простор и продуктивност на контролор. Оттаму, само ограничен број на сектори ја напуштаат терминалната област.

Секторизацијата на дел од ЦЕ е поврзана со рутната мрежа ARN4_bis (референтно сценарио - 2009 година). Сообраќајот на оваа мрежа се одвива по најкратки рути со 2D правила. Ова значи дека земени се предвид само ограничувањата при пристигнувања и поаѓања. Нема профилни ограничувања. Во ARN4_bis аеродромите се дегрупираат според повеќе специфични информации, како што се местото на поаѓање и крајната дестинација.

Референтна структура на воздушен простор во 2009 година:

- Приметок на сообраќај (28.06.2002) + 36% + 90%
- 30 сектори
- ARNV4bis

Соседните центри оптимално ги извршуваат задачите во географски рамки на дел на ЦЕ.



Слика 6.4: Структура на воздушен простор за сценарија во 2009 година

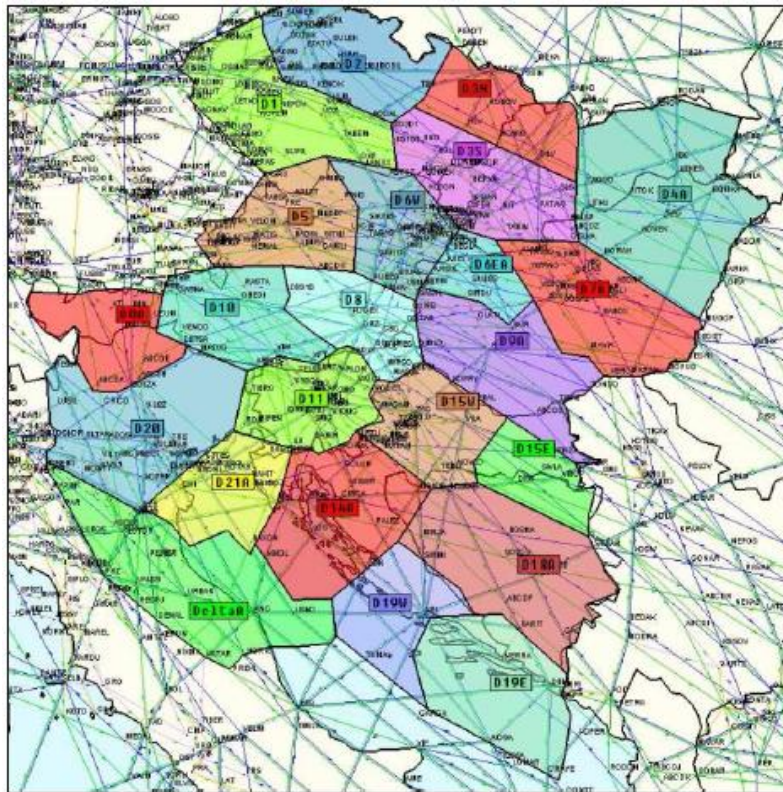
Извор: Изработено од кандидатот

Рутната мрежа која се користи во второто и третото референтно сценарио (2012, 2015 година), се базира на најновата рутна мрежа ARN v5 со отворени рути над Косово, но ги вклучува сите измени што ги соопштуваат државите на Eurocontrol Route Network Development Sub-Group (RNDSG), (по RNDSG/54) и специфичните рутни сегменти во делот на ЦЕ. Сообраќајот се одвива на оваа рутна мрежа врз основа на следните претпоставки:

- Најкратка рута меѓу аеродромите на поаѓање и аеродромите на дестинација
- Се применуваат 2 D правила за насочување на сообраќајот кој доаѓа/поаѓа на дадена Standard Instrument Departure (SID) / Standard Arrival Routes (STAR) или специјализирани рути
- Правилата 3D се применуваат со правење на рестрикција на дадено ниво на лет кога треба
- Највисоко барано ниво на лет- Requested Flight Level (RFL).

Референтната структура на воздушниот простор за 2012 и претпоставената 2015 година е:

- Примероци на сообраќај: 11.11.2004 покачено на ниво на 2012 година, 10.9.2004 година покачено на ниво 40 сектори за 2015. (Сл. 6.5)



Слика 6.5: Структура на воздушниот простор за сценарија 2012 и 2015 година

Извор: Изработено од кандидатот

6.2.3.3 Перформанси на воздухоплов - BADA модел на енергија

Во Гл.5 беше опишана базата на EUROCONTROL со податоци за воздухоплови - EUROCONTROL Base of Aircraft Data (BADA), датотека на параметри на перформанси на воздухоплов. Податоците за перформанси на воздухоплов опфаќаат 99.14% од воздухопловите во европскиот воздушен сообраќај (Eurocontrol EEC, 2004). Податоците за перформансите на воздухопловите кои се моделираат во ова истражување се слични на вистинските перформанси. Извадоци кои се однесуваат на податоците за перформансите во ова истражување се: брзина (во фаза на крстосување) (true air speed), стапка на качување/симнување, вредности на максимална висина, потрошувачка на гориво.

6.2.3.4 Капацитет и методологија на работно оптоварување

Во ова истражување се употреби методот на пондерирање на грешка на средните квадрати (Weighted Mean Square Error (WMSE)), бидејќи овозможува добивање на попрецизни вредности на капацитетот. Бидејќи во примероците сообраќајот не е доволно покачен, работното оптоварување на некои сектори е пресметано со грешка. Цел е да се споредат промените (%) на капацитетот и работното оптоварување при синхронизација на различни нивоа на сообраќај со референтни сценарија. Затоа овие грешки не се детално проверувани.

При проверка на капацитетот, треба да се нагласи дека:

- За време на брзите симулации, мерењето на работното оптоварување се изведува со математичка пресметка на вкупните работни часови за секоја категорија на задача на контрола на летање (управување со податоци за лет, координации, пребарување на конфликти, R/T за рутински ситуации, радар).

Во реалноста, кога извршниот контролор на летање се соочува со големо работно оптоварување, овие задачи се изведуваат забрзано. Всушност, некои задачи што се поврзани со управувањето на податоци за лет и радиотелефонија при рутински ситуации, не се извршуваат. Планерот може да му помага на извршниот контролор со тоа што ќе ги извршува задачите за внатрешна и надворешна координација, кои вообичаено му се назначуваат на тактичкиот контролор.

- Друг елемент кој не се разгледува за време на овие симулации е она што се нарекува случајни последици во системот; овде спаѓаат последиците од испади во системот, нестандартни активности поврзани со тревога во воздухоплов и воздухоплов во случај на нужда, како и влијанието на временските услови врз операциите. Овие влијанија се чувствуваат во работењето, но и влијаат на капацитетот на секторот.

6.2.4 ПРОВЕРКА НА МОДЕЛОТ И ОГРАНИЧУВАЊА

За проверка на моделот, процесот на планирање на моделот на синхронизација беше предмет на постојана дискусија на оперативните експерти на EUROCONTROL

(бивши контролори на летање), како и на сегашните контролори на летање во областа на делот на ЦЕ.

Резултатите од RAMS моделот се употребуваат за функционална анализа на односот меѓу работното оптоварување и капацитетот со различните можни драјвери. Сепак, некои елементи на симулацијата се тешки за моделирање и водат кон создавање на негативни ефекти, кои би можеле да го попречат исполнувањето на целите.

Првично планираната синхронизација со алгоритам заснован на правило како што е проценето (Гл.5), не би можело да се изврши поради сложениот софтвер заснован на правило. Оттаму, контролорот има повеќе простор за одлучување дали летот треба да ја прилагоди брзината или да го смени нивото. Целните нивоа на лет и брзините се дефинираат пред симулацијата. Ваквите ограничени сегменти се одредуваат меѓу два навигациски уреда и имаат раздвојување и рестрикции. Ограничувањата во брзината важат за сите летови кои се одвиваат низ овој пар на навигациски уреди. Во овој случај, има рестрикции кои важат во периодот на синхронизација, и се на 5NM (2009 година) и 10NM (2012, 2015 година) за да се добијат пореални резултати, кои се употребени при пробните летови за да се има доволно сообраќај за исполнување на целите. Сериозен проблем се појави при мерењето на времето за добивање на синхронизиран проток. Оваа функција не постоеше. Рутите се секвенца од навигациските уреди со ограничувања на брзина и висина. Навигациските уреди се поврзани, а тоа доведува до губење на сите навигациски уреди меѓу првиот и последниот на рутата.

Ова значи дека времето би можело да се измери само на почетокот и на крајот на рутата, дури и при постоење на ограничувања на овие навигациски уреди. Ова претставува сериозна закана за извршувањето на задачите – дали во преодната фаза отворен е еден или повеќе сектори? Со симулаторот се става рестрикција на навигациските уреди што е приближно на горенаведената функција која недостига, а ограничувањата се однесуваат на:

1. синхронизација во самиот сектор што може да се добие до најблискиот навигациски уред до излезот на првиот сектор
2. меѓусекторска синхронизација што може да се добие до најблискиот навигациски уред до излезот на вториот сектор.

Главна цел е споредување на тековниот и синхронизиранiot концепт на летови во текот на раздвојувањето. Горенаведените прашања имаат мало влијание.

6.3 Дискусија на резултатите

На крајот од секое сценарио на 75 симулации со ATM Analyser (инструмент за приказ и анализа на резултатите од симулацијата), се забележаа и анализираа следните излезни резултати:

1. рутното доцнење
2. продуктивноста на сектор
3. капацитетот на воздушниот простор и работното оптоварување
4. варијациите на конфликт
5. потрошувачката на гориво

Excel-от се користи за обработка на специфичните резултати RAMS. Се направи дополнителна анализа, како поделба на воздушниот простор, бројот и видовите на вертикални движења и времето на вкрстување на рути.

Проценката на измереното потенцијално покачување/намалување на измереното преку синхронизација може да се изрази со односот N_{Δ} меѓу перформансот во првичната ситуација (N_i) и сосотојбата по синхронизацијата (N_s). Ваквиот индекс се пресмета само за време на двата утрински врвни часа кога се изврши синхронизација (09:00 – 11:00 ч.).

$N_{\Delta} = 100 * \frac{N_i}{N_s} - 100 (\%)$	(6.4)
---	-------

Анализите покажаа дека општиот перформанс зависи во голем степен од променливите величини: овие варијабли доведуваат до голема разлика меѓу максималната и минималната вредност. Најголемата разлика се формира меѓу синхронизацијата во самиот сектор и меѓусекторската синхронизација во 2009 година, независно од измерените вредности. Ова е резултат на недоволниот интензитет на сообраќај на целните рути и целните нивоа на лет.

За време на синхронизацијата во самиот сектор, промените на ниво и брзини се случуваат за да се овозможи непрекинат проток во еден сектор. За време на

синхронизацијата меѓу секторите нема никакви видливи промени. Оттука следува дека синхронизацијата во самиот сектор е покорисна отколку синхронизацијата меѓу секторите. Со зголемување на сообраќајот, ситуацијата се менува. Ова се должи на зголемениот број на вертикални движења за време на фазата на воспоставување (building phase).

Истата интерпретација важи за синхронизација на 1 или 2 нивоа на лет. Разликата зависи од погодноста на нивото на сообраќај на целните рути.

Без разлика на ситуацијата со сообраќај, нема речиси никаква разлика меѓу прилагодувањата на брзина: +/-6јазли или +/-12јазли. Ова можеби е резултат на фактот што оваа разлика беше премала, а поголема разлика би дала подобри резултати.

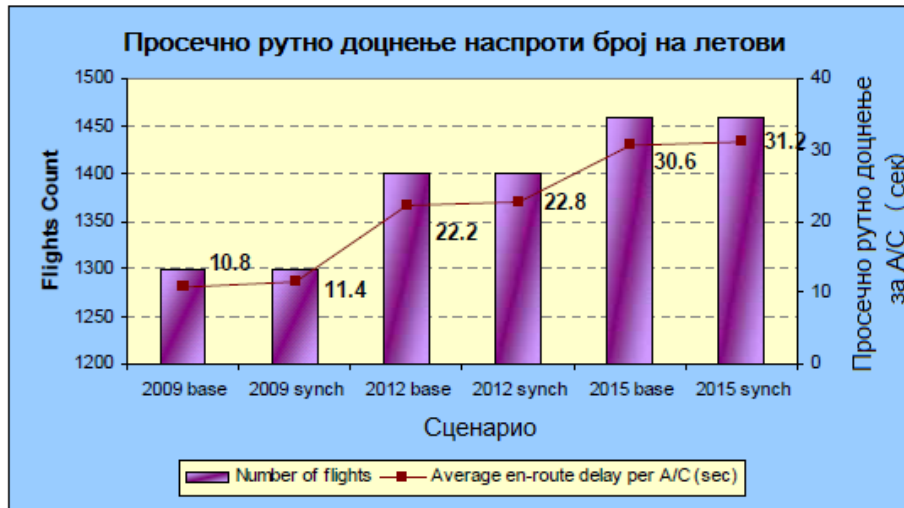
Исто така, без разлика на ситуацијата на сообраќај, имаше мала разлика меѓу синхронизацијата на 1, 2 или 3 рути. Но, сценариото со 2 синхронизирани рути даде полоши резултати во споредба со сценариото со 1 синхронизирана рута. Ова се должи на фактот што овие две рути се вкрстуваат, а тоа влијае на секоја измерена величина. При синхронизација на 3 рути, резултатите се подобри, бидејќи третата рута не се вкрстува со другите две.

Земајќи ги предвид горенаведените заклучоци и анализи, во ова поглавје е прикажана споредбата на подобрувањето/влошувањето на резултатите во сите ситуации во споредба со референтните сценарија (0=основа).

За поедноставување на оваа основа се направи поделба на резултатите во однос на тоа дали станува збор на синхронизација во самиот сектор или меѓу сектори.

6.3.1. РУТНО ДОЦНЕЊЕ

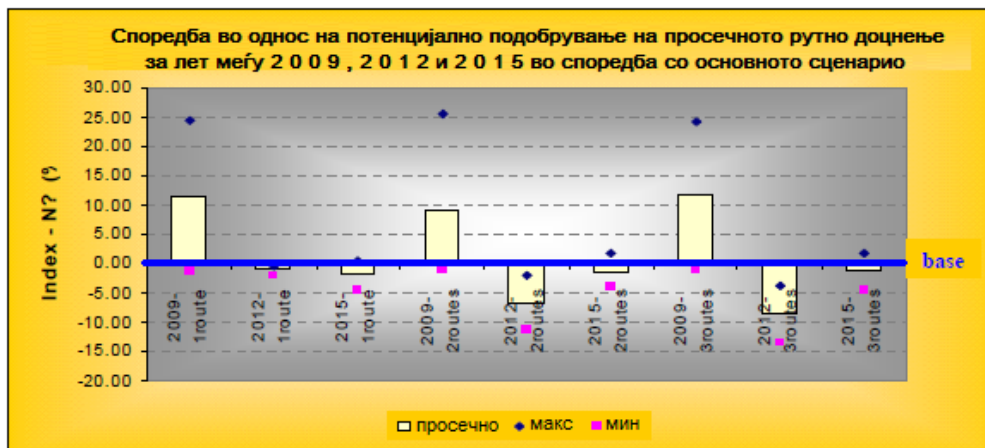
Со синхронизација на сообраќајот не се докажува можноста за намалување на просечното доцнење на секој лет (DA/C) при зголемување на сообраќајот во споредба со референтното сценарио. Со зголемување на бројот на летови се зголемува рутното доцнење за секој лет. Но, разликата во споредба со референтното сценарио (Сл. 6.3) е многу мала (без разлика на нивото на сообраќај, рутното доцнење се зголемува за приближно 0.6 сек.за лет).



Слика 6.6: Просечно рутно доцнење за лет наспроти бројот на летови за време на синхронизацијата

Извор: Изработено од кандидатот

Од Сл. 6.6 се гледа дека општиот перформанс зависи во голема мера од променливите величини. Земајќи го предвид овој факт, се прави натамошна подетална анализа на варијаблите независно. Споредбата на подобрување/зголемување на просечното рутно доцнење за секој лет во трите сценарија секогаш се споредува со референтното сценарио (0 = основа).



Слика 6.7: Просечни измени на рутното доцнење за лет во различни ситуации на сообраќај

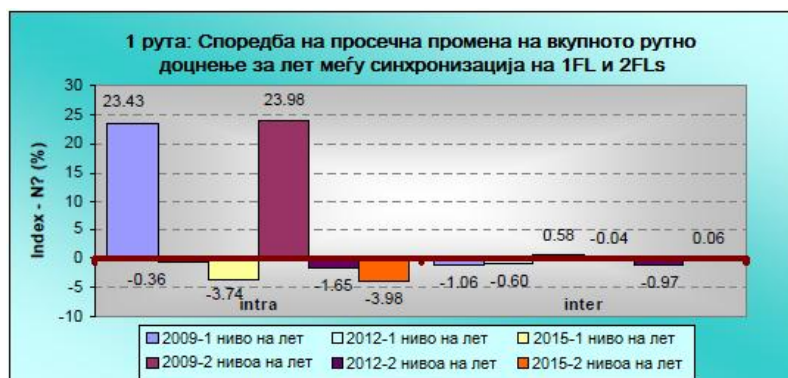
Извор: Изработено од кандидатот

На Сл. 6.6 и 6.7 е даден односот меѓу промените на просечното рутно доцнење за секој лет, синхронизација во самиот сектор и меѓу сектори и прилагодувањето на брзината од +/-6јазли и +/-12јазли или синхронизација на 1 или 2 нивоа на лет кога сообраќајот на 1 рута е синхронизиран. Најголемата разлика се јавува во 2009 година со просечно отстапување од 13.3. меѓу синхронизацијата во самиот сектор и меѓу нив, покрај промените во бројот на нивоа на лет или целниот опсег на брзина. Дури подобрувањето од 23.91% доведува до мала разлика од 4.8 сек/лет, разликата меѓу синхронизацијата во самиот сектор или меѓу нив во 2009 година е $P=0.000$, $FC=11.3 > FST=1.717$ на $\alpha=0.05$.



Слика 6.8: Просечна промена на рутното доцнење за лет во однос на прилагодувањето на брзината

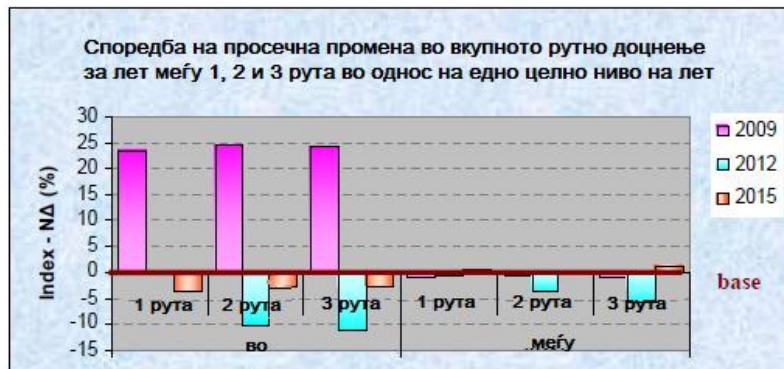
Извор: Изработено од кандидатот



Слика 6.9: Просечна промена на рутното доцнење за лет во однос на бројот на целни нивоа на лет

Извор: Изработено од кандидатот

На Сл. 6.8 и 6.9 е даден односот меѓу промените во просечното рутно доцнење и бројот на синхронизирани рути во однос на целните нивоа на лет. Најголема разлика повторно има во 2009 година меѓу синхронизацијата во самиот сектор и меѓу сектори, кога 1 ниво на лет е синхронизирано со стандардно отстапување од 17.6.



Слика 6.10: Просечна промена на рутното доцнење за лет меѓу бројот на рути во однос на 1 целно FL

Извор: Изработено од кандидатот



Слика 6.11: Просечна промена на рутното доцнење за лет меѓу бројот на рути во однос на две целни нивоа на лет

Извор: Изработено од кандидатот

Со оваа се покажа дека:

1. резултатите зависат од општиот перформанс на променливите величини. На секторска основа, со зголемен број на летови и синхронизирани рути, рутното доцнење се зголемува во просек за 0.6 сек. за лет.

2. при рутно доцнење на лет, со примена на синхронизација се добива повеќе во самиот сектор отколку со синхронизација меѓу сектори. Разликата е значајна за $P=0.052$, $FC=1.98 > FST=1.667$ на $\alpha=0.05$

Општо, со примената на синхронизација меѓу секторите се покажа 2.3% помалку доцнења во однос на синхронизацијата во самите сектори. Оваа разлика не е значајна за $P=0.201$, $FC=1.29 < FST=1.667$ на $\alpha=0.05$

3. На секторска основа, како што се зголемува бројот на рутите, така се зголемува рутното доцнење за секој лет, но ова зголемување не е значајно за $P=0.923$, $FC=0.0816 < FST(2.6)=5.143$ на $\alpha=0.05$.

4. Бројот на засегнати летови во просек е непроменет во споредба со референтните сценарија со просечно стандардно отстапување од 4.76.

5. Разликата од рутното доцнење за лет при синхронизација на сообраќај на 1 или 2 нивоа на лет не е значајно со $P=0.739$ $FC=0.335 < FST=1.667$ на $\alpha=0.05$.

6. Разликата на рутното доцнење за лет при синхронизација со промена на брзина од +/-6 јазли и +/-12 јазли не е значајно со $P=0.825$ $FC=0.221 < FST=1.667$ на $\alpha=0.05$.

7. Резултатите од рутното доцнење главно се должат на ограничувањата на симулацискиот инструмент. Со истражувањата на секторот се добива подетална анализа на ефектот од синхронизацијата врз секторите низ кои минуваат рутите. Рутите минуваат низ максимум 12 сектори од вкупно 30 (2009 година) и 16 сектори од вкупно 40 (2012, 2015 година). Но резултатите на секторска основа се распространети низ целиот воздушен простор на дел на ЦЕ, при што промената на перформансите е мала.

Друг аспект е слободата на контролорите да одлучат дали летот треба да ја прилагоди брзината или да го смени нивото на лет. Целосна усогласеност со моделот заснован на правила би довела до подобри резултати, и со тоа би се докажала погодноста на синхронизацијата на сообраќај.

6.3.2 ПРОДУКТИВНОСТ НА СЕКТОР

Со примена на синхронизацијата се потврди хипотезата – зголемување на секторската продуктивност со зголемување на сообраќајот.

На Сл. 6.12 прикажано е дека постојат погодности по достигнување на нивото на сообраќај во 2015 година. Продуктивноста е исходот на секторските можности (т.е.

бројот на влезови на секој сектор на час и просечното транзитно време на прелетите низ секторот, означувајќи дека колку се вредностите поголеми, толку резултатите се подобри. При споредба на промените (во %), негативната вредност значи подобрување на измерената вредност зависи од многу фактори, посебно од обемот на сообраќај на целните рути, промените на нивоата, конфликтните ситуации, работното оптоварување на контролорот итн. Како што е дадено на сликата подолу, со зголемување на бројот на целните рути, продуктивноста не се менува во голема мера ($P=0.076$, $FC=4.078 < FST=5.143$ на $\alpha=0.05$). Но ова може да е резултат на ниското ниво на сообраќај на целните рути - оттука следува помал број на промени на нивоа или брзини. Соодветно ниво на сообраќај на одбраните рути може да даде подобри резултати, со што ќе се докаже не само зголемување на продуктивноста со општото зголемување на сообраќајот, но и зголемување на продуктивноста со зголемениот број на рути со синхронизиран сообраќај.



Слика 6.12: Просечна промена на секторска центарската продуктивност во различни сообраќајни ситуации

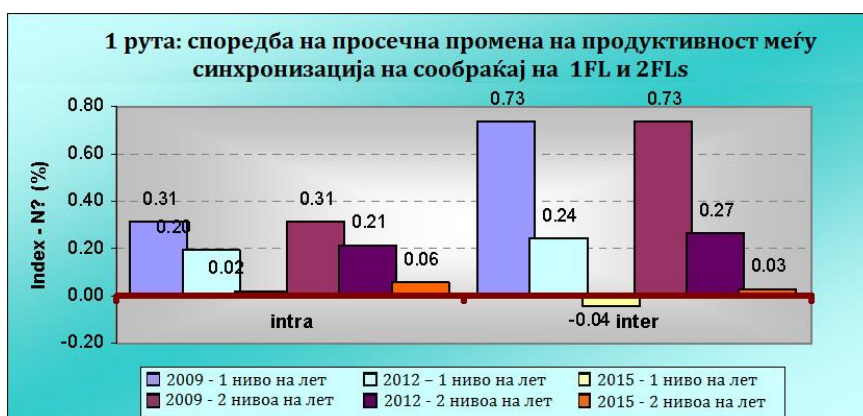
Извор: Изработено од кандидатот

На Сл. 6.13 6.14 е прикажан односот меѓу промените во просечната секторска продуктивност, синхронизација во самиот сектор и меѓу сектори и прилагодување на брзината од $+6$ јазли и ± 12 јазли или синхронизација на 1 или 2 нивоа на лет кога сообраќајот на 1 рута е синхронизиран. Најголема разлика се појави во 2009 година меѓу синхронизацијата во самиот сектор и меѓу сектори, покрај бројот на целни нивоа на лет или опсег на брзина со просечно стандардно отстапување од 0.26.



Слика 6.13: Просечна промена на продуктивноста на сектор со однос на прилагодување на брзина

Извор: Изработено од кандидатот



Слика 6.14: Просечна промена на секторската продуктивност во однос на целните нивоа на лет

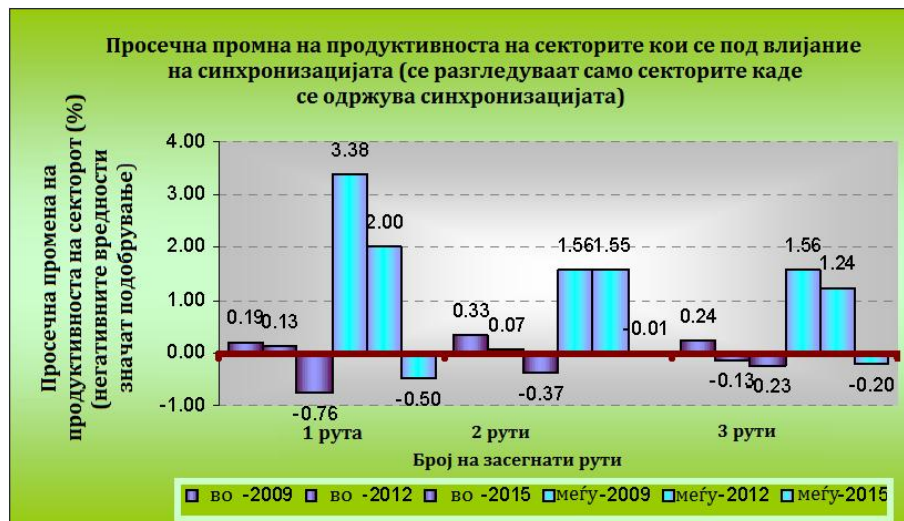
Извор: Изработено од кандидатот

Резултатите од продуктивноста се на секторска основа. Во овој случај резултатите се исто така распространети низ целиот воздушен простор на ЦЕ доведувајќи до мали промени во перформансот.

Во однос на секторот, со истражувањето се покажа дека синхронизацијата на сообраќајот влијае на општиот перформанс во двата случаи: сектори каде има синхронизација и каде се одржува.

Продуктивноста на секторот се подобрува со нивото на сообраќај само за време на синхронизацијата во самиот сектор со веќе одржаниот сообраќај. Подобрувањето за време на синхронизацијата меѓу секторите се забележа само со нивото на сообраќај во 2015 година (Сл. 6.15).

Евалуацијата покажа дека фазата на вршење на синхронизација е под влијание на бројот на вертикални движења, на работното оптоварување на контролорот, на конкретната ситуација со сообраќај и др. Синхронизацијата на сообраќај е 1.25% покорисна при краткотрајна фаза на вршење на синхронизација (земајќи ги предвид само засегнатите сектори).



Слика 6.15: Просечна промена на продуктивноста на секторот каде се одржува синхронизација

Извор: Изработено од кандидатот

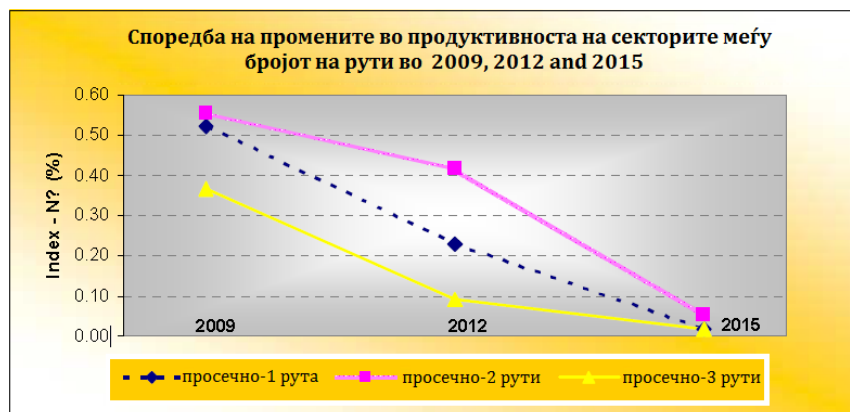
Со горенаведеното се покажа дека:

- резултатите зависат од општите перформанси на променливите величини
- на секторска основа оодобрувањето на продуктивноста при синхронизација на сообраќај е значајно на 0.05 ниво за сите нивоа на сообраќај во споредба со референтните сценарија (*t-тест – степени на слобода 35*)
 - 2009 наспроти референтно сценарио: $P = 0.004$, $FC = 3.08 > FST = 1.69$ (критични вредности за FST одговараат на $\alpha = 0.05$)
 - 2012 наспроти референтно сценарио: $P = 0.000$, $FC = -12.8 < FST = 1.69$
 - 2015 наспроти референтно сценарио: $P = 0.014$, $FC = 2.6 > FST = 1.69$
- со зголемување на бројот на летови и синхронизирани рути се подобрува продуктивноста (Сл. 6.16) во просек за 0.21%

Разликата на резултатите од симулацијата на подобрувањето на продуктивноста меѓу 2009, 2012 и 2015 е значајна за $P < 0.0001$, $FC = 38.18 > FST = 3.129$ (критичните вредности за FST (2.69) одговараат на $\alpha = 0.05$). Според значајноста на

Tukey/табелата на веројатност (земајќи ги предвид $df_{wg} = 69$ и групите = 3), преку сите споредби во парови се увидува значајна разлика. Оттука следува дека нултата хипотеза мора да се прифати. Двете варијабли се поврзани значително – со примена на синхронизација на сообраќај значително се зголемуваат бодовите на продуктивност со зголемување на нивото на сообраќај. Со тестот на парови на Tukey, се доби:

- 2009 наспроти 2012 е $q = 6.54$, $q_C = 6.54 > q_{ST} = 3.44$ (за $\alpha = 0.05$)
- 2009 наспроти претпоставките во 2015 е $q = 17.3$, $q_C = 17.3 > q_{ST} = 3.44$
- 2012 наспроти претпоставките во 2015 е $q = 10.77$, $q_C = 10.77 > q_{ST} = 3.44$
- за продуктивноста на секторот погодна е примената на синхронизацијата во самиот сектор отколку синхронизацијата меѓу сектори. Оваа разлика не е значајна за $P=0.230$, $FC=1.21 < FST=1.667$ за $\alpha=0.05$
- како резултат на малиот обем на сообраќај на целните нивоа на лет, разликата на продуктивноста како резултат на синхронизација на сообраќајот на едно или две нивоа на лет не е значајна за $P=0.695$ $FC=0.394 < FST(70)=1.667$ за $\alpha=0.05$
- разликата на продуктивноста на секторот при синхронизација со промена на брзината од +/-6 јазли и +/-12 јазли не е значајна за $P=0.459$ $FC=0.745 < FST(70)=1.667$ за $\alpha=0.05$. Ова е резултат на фактот дека разликата во опсегот на брзина е многу мала, а поголемата разлика ќе даде подобри резултати.



Слика 6.16: Просечна промена на продуктивноста на секторот – споредба меѓу бројот на рути

Извор: Изработено од кандидатот

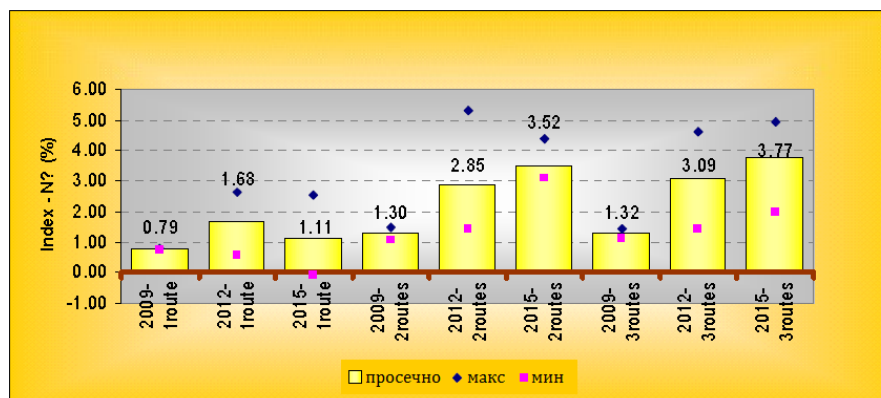
6.3.3 КАПАЦИТЕТ НА ВОЗДУШЕН ПРОСТОР И РАБОТНО ОПТОВАРУВАЊЕ НА КОНТРОЛОРОТ НА ЛЕТАЊЕ

А) Капацитет на воздушен простор

Со примената на синхронизиран сообраќај се потврди хипотезата дека со синхронизација се зголемува капацитетот на воздушниот простор.

На Сл. 6.16 е прикажано дека веднаш може да има придобивки. Со зголемување на бројот на летови, просечното подобрување е 1%. Очекуваното подобрување со зголемување на бројот на рути не е добиено. Ова е резултат на малиот обем на сообраќај на целни нивоа на лет. Со целосна усогласеност со моделот и со соодветното ниво на сообраќај на целни нивоа на лет, во овој случај би се овозможиле подобри резултати и би се зголемиле добивките од синхронизиран сообраќај и од зголемување на бројот на синхронизирани рути.

Единствениот пад при симулацијата во 2015 година во споредба со 2012 година со синхронизиран сообраќај се забележува на една рута. Ова е резултат на малиот број на летови што се одвиваат со целна брзина која доведува до многу различни промени на брзина и ниво. Оваа општа проценка зависи од синхронизацијата меѓу сектори и во самиот сектор што може да се види од растурањето на податоци меѓу минималната и максималната вредност. (Сл. 6.17).



Слика 6.17: Просечна промена на капацитетот на воздушниот простор при различни сообраќајни ситуации

Извор: Изработено од кандидатот

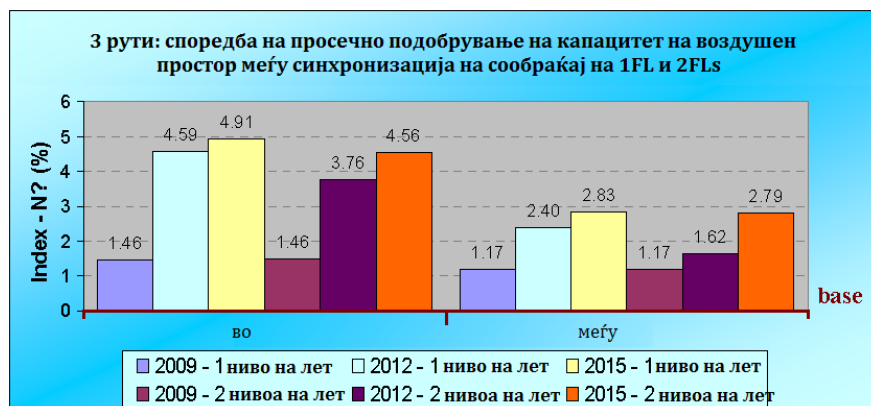
На Сл. 6.15 и 6.16 е даден односот меѓу просечните промени на капацитетот на воздушниот простор, синхронизацијата во самиот сектор и меѓу сектори и прилагодувањето на брзината од +/-бјазли и +/-12 јазли или синхронизацијата на едно

или две нивоа на лет кога сообраќајот на 3 рути е синхронизиран. До подобрување доаѓа во сите случаи, но со повисоки вредности на синхронизацијата во самиот сектор со просечно подобрување од 2.52% во споредба со 1.8% при синхронизација меѓу сектори.



Слика 6.18: Просечна промена на капацитетот на воздушниот простор во однос на прилагодувањето на брзината

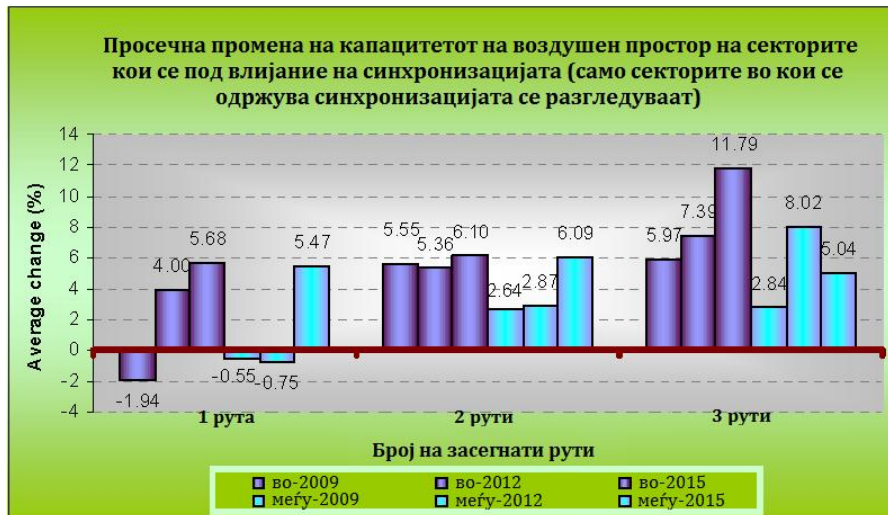
Извор: Изработено од кандидатот



Слика 6.19: Просечна промена на капацитетот на воздушниот простор во однос на бројот на целни нивоа на лет

Извор: Изработено од кандидатот

Со истражувањето на секторска основа се покажа дека добивки има обата: во сектори каде се воспоставува и се одржува синхронизација. За време на синхронизацијата во самиот сектор со веќе одржан сообраќај, капацитетот на воздушниот простор се подобрува непречено со зголемен број на летови и синхронизирани рути (Сл. 6.20).

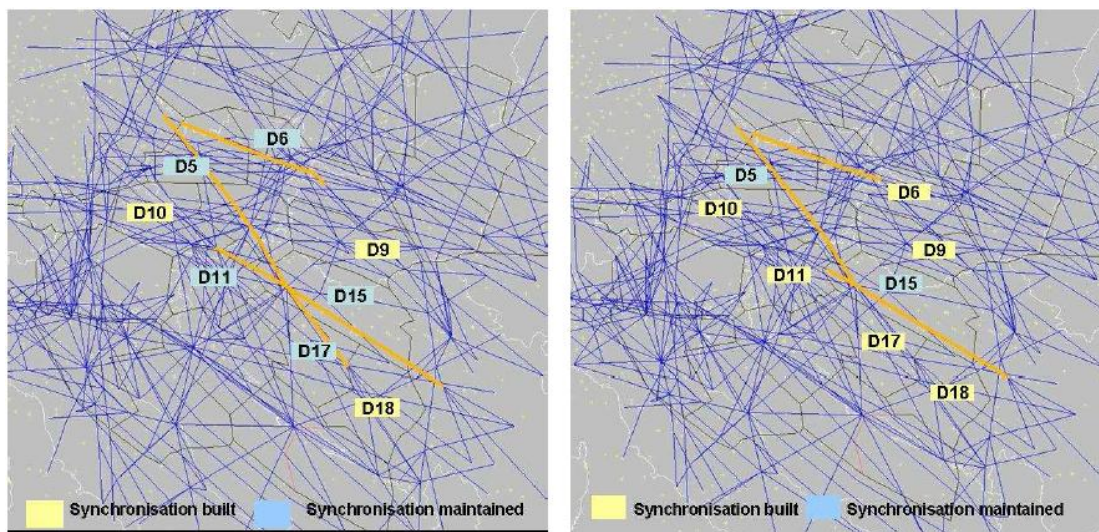


Слика 6.20: Просечен капацитет на воздушниот простор – сектори во кои се одржува синхронизација

Извор: Изработено од кандидатот

Кога има синхронизација меѓу сектори, и истата се воспоставува преку границите на еден сектор, што доведува до зголемен број на вертикални движења во оваа област, тогаш има поголема веројатност главните протоци да се разминат и работно оптоварување на контролор да биде поголемо (Сл. 6.21). Како последица, перформансите во фазата на воспоставување зависат од секторизацијата и рутната мрежа; не е можно јасно да се процени што се случува со капацитетот во оваа област - кога се подобрува или влошува. Секој случај мора да се разгледа посебно.

Општо земено, капацитетот на воздушниот простор се подобри без разлика на горенаведените фактори.



Слика 6.21: Сектори под влијание на синхронизацијата – во самиот сектор (лево); меѓу сектори (десно)

Извор: Изработено од кандидатот

Со горенаведеното се покажа дека:

- на секторска основа, со зголемување на бројот на рути, капацитетот на воздушниот простор се подобри, но ова зголемување меѓу даден број на рути не е значајно за $P=0.209$, $FC=2.0513 < FST=5.143$ на $\alpha=0.05$
- се добиваат повеќе користи со синхронизација во самиот сектор отколку со синхронизација меѓу секторите. Оваа разлика е значајна за $P=0.019$, $FC=2.41 > FST=1.667$ на $\alpha=0.05$
- дури и на ниски нивоа со сообраќај на целните нивоа, се процени мала разлика од 0.17% меѓу синхронизација на 1 или 2 ниво на лет. Оваа разлика не е значајна за $P=0.579$, $FC=0.558 < FST(70)=1.667$ на $\alpha=0.05$
- се процени мала разлика од 0.29% меѓу промена на брзина од +/-бјазли и +/-12 јазли. Оваа разлика не е значајна за $P=0.374$, $FC=0.896 < FST(70)=1.667$ на $\alpha=0.05$



Слика 6.22: Просечен секторски капацитет на воздушниот простор – споредба меѓу бројот на рути

Извор: Изработено од кандидатот

Областа ЦЕ има доволно дистрибуција на сообраќај на нивоа на лет во однос на брзина на лет. Во неа сепак има до 4% општо зголемување на капацитетот (во самиот сектор 1.25-4%, меѓу сектори 1% -2.5%). Зголемувањето на капацитетот како резултат

на синхронизацијата од сообраќај е значајна на ниво од 0.05% на сите нивоа на сообраќај.

Значи, добивме:

- 2009 наспроти референтно сценарио: $F=3.91$, $FC = 3.91 > FST = 1.69$ (критичните вредности за FST одговараат на $\alpha = 0.05$)
- 2012 наспроти референтното сценарио: $F = 7.41$, $FC = 7.41 > FST = 1.69$
- 2012 наспроти референтното сценарио: $F = 6.83$, $FC = 6.83 > FST = 1.69$

Кога веројатноста F е помала од 0.001 во сите случаи значи дека нема веројатност оваа разлика на средната вредност меѓу капацитетот на воздушниот простор на референтните сценарија и капацитетот на воздушниот простор по примената на синхронизацијата да е резултат на грешка во примерокот. Оттука следува дека мора да се прифати нултата хипотеза. Двете варијабли се значително поврзани – примената на синхронизација на сообраќај без разлика на нивото на сообраќај има значително влијание врз општите бодови на капацитетот на воздушниот простор. Може да се добие и зголемување на капацитетот до 12% при разгледување само на сектори во кои сообраќајот е веќе синхронизиран.

Б) Работно оптоварување на контролорот на летање

Со синхронизација на сообраќајот се потврди дека кога истата се воспоставува низ неколку сектори, таа влијае на заедничката работа на контролорите.

На Сл. 6.23 е прикажано како синхронизацијата влијае на општото работење на контролорот. Со зголемување на бројот на летови и рути, просечното подобрување на работното оптоварување на планерот е просечно 0.8% на половина час. Подобрувањето во споредба со референтното сценарио е забележано само во 2015.

Подобрувањата во 2012 и претпоставената 2015 година се под влијание на:

- Примена на 10NM за раздвојување на воздухоплови во споредба со 5 NM применети за сообраќајот во 2009;
- Фактот дека планерот ги организира летовите пред границите на секторот за да ги растовари извршните контролори и неговата/нејзината комуникација со воздухопловот. Со ова се намалува расположливоста на РС.

Разликата во резултатите од симулацијата за подобрување на работното

оптоварување на РС во 2009 година, 2012 и 2015 година е значајна со $P < 0.0001$, $FC = 320.406 > FST = 3.125$ (критичните вредности за FST одговараат на $\alpha = 0.05$). Со тестот на парови на Tukey се доби:

- 2009 наспроти 2012 е $q = 42.14$, $qC = 42.14 > qST = 3.44$ (критичните вредности за qST одговараат на $\alpha = 0.05$)
- 2009 наспроти 2015 е $q = 45.37$, $qC = 45.37 > qST = 3.44$
- 2012 наспроти 2015 е $q = 3.24$, $qC = 3.24 < qST = 3.44$

Според табелата на значајност/веројатност на Tukey, споредбата меѓу 2009 – 2012 година и 2009 – претпоставената 2015 година се статистички значајни, но не и споредбата на 2012-претпоставената 2015 година.

Делумно резултатите од тестот на Tukey ја поддржуваат нултата хипотеза. Подобрувањето на работното оптоварување на РС со примена на синхронизација на ниво на сообраќај на претпоставената 2015 година не е значително подобро во споредба со 2012 година, но е значително подобро во 2015 и 2012 година во споредба со 2009 година.



Слика 6.23: Просечна промена на работното оптоварување на РС контролорот во различни сообраќајни ситуации

Извор: Изработено од кандидатот

Општото работно оптоварување на извршниот контролор (ЕС) се подобри во просек за 0.58% во споредба со референтните сценарија. При разгледување на зголемен број рути и нивоа на сообраќај, работното оптоварување на ЕС се намалува во просек за 0.1%. Ова може да е последица на зголемен број на вертикални движења и комуникацијата со воздухопловот со цел да се избегне конфликтна ситуација која

претходно не ја решил планерот. На Сл. 6.24 е прикажана општата разлика при споредба со референтно сценарио (мала и не надминува 1.1% на половина час).



Слика 6.24: Просечна промена на работното оптоварување на ЕС во различни сообраќајни ситуации

Извор: Изработено од кандидатот

Промената на работното оптоварување на ЕС на половина час со синхронизација е сепак значително подобра (дури во 2015 година) во споредба со референтните сценарија:

- 2009 наспроти референтното сценарио: $F=5.8$, $FC = 5.8 > FST = 1.708$ (критичките вредности за FST одговараат на $\alpha = 0.05$) ($P=0.000$)
- 2012 наспроти референтното сценарио: $F = 2.32$, $FC = 2.32 > FST = 1.708$ ($P=0.029$)
- 2015 наспроти референтното сценарио: $F = 2.34$, $FC = 2.34 > FST = 1.708$ ($P=0.028$)

Влијанието на синхронизацијата мора да се анализира, зошто секој контролор (планер и/или извршен контролор) има одредени задачи за извршување. Секоја од овие задачи влијае на општото работење на секој контролор.

Извршниот контролор има 15 задачи, од кои при извршување на 11, се покажаа подобрувања со зголемување на сообраќајот (32.31% за време на симулација). Најзначајна разлика во споредба со референтните сценарија има при следните задачи:

- *Употреба на инструменти за раздвојување* (подобрување од 14.08% со $P<0.0001$, $FC=344.95 > FST=3.129$ на $\alpha=0.05$)
- *Координација со друг пилот* (подобрување од 2.35% со $P<0.0001$, $FC=163.749 > FST=3.129$ на $\alpha= 0.05$)
- *инструкции за промена на брзина* (подобрување од 11.55% со $P<0.0001$, $FC=204.18 > FST=3.129$ на $\alpha= 0.05$) и ново ниво на лет подобрување од 1.68%

со $P < 0.0001$, $FC = 4965.37 > FST = 3.129$ на $\alpha = 0.05$)

- отстранување на конфликт (намалувањето од -2.73% не е значајно со $P = 0.596$, $FC = 2.94 < FST = 3.129$ на $\alpha = 0.05$). Со зголемување на бројот на летови, бројот на потенцијални конфликтни ситуации се зголеми што влијаеше на општиот перформанс на извршниот контролор. Главниот дел на негативната вредност содржи воспоставување на синхронизација и зголемен број на инструкции за промена на ниво (-0.91%) за да се добие синхронизиран проток (Сл. 6.25).

Планерот извршува 18 задачи, од кои при извршување на 13 се покажа подобрување со зголемување на сообраќајот (општо просечно подобрување од 24.6% за време на симулација). Најголемата разлика во споредба со референтните сценарија е добиена при следните задачи:

- *инструкција за промена на ниво* (подобрување од 10.95% со $P < 0.0001$, $FC = 1291.87 > FST = 3.129$ на $\alpha = 0.05$)
- *координација со друг контролор* (подобрување од 2.57% со $P < 0.0001$, $FC = 148.62 > FST = 3.129$ на $\alpha = 0.05$)
- најголема негативна вредност при задачата *решавање на конфликт* (намалување од -0.79% со $P < 0.0119$, $FC = 4.73 > FST = 3.129$ на $\alpha = 0.05$). Оваа вредност може да е резултат на задачата *измена на планови за лет* (намалување од -0.67% не е значајна со $P < 0.0119$, $FC = 1.15 < FST = 3.129$ на $\alpha = 0.05$) за време на фазата на воспоставување на лет (Сл. 6.25).

Ограничувањата на инструментот за симулација не овозможуваат проценка на секоја задача одделно во секој сектор; на располагање се само општи резултати. Со подетално истражување ќе се добие анализа на ефектот од синхронизација во секторите низ кои минуваат рутите и влијанието врз контролорот и неговото/нејзиното работење при извршување на секоја задача посебно.



Слика 6.25: Просечно работно оптоварување на ЕС на половина час – сектори каде се воспоставува синхронизација на засегнати рути

Извор: Изработено од кандидатот



Слика 6.26: Просечно работно оптоварување на РС на половина час – сектори каде што се воспоставува синхронизација на реализирани рути

Извор: Изработено од кандидатот

Со горенаведеното се покажа дека:

- на секторска основа, со зголемување на нивото на сообраќај, работното оптоварување на ЕС на половина час се зголеми во просек за 0.1%. Поголемо влијание на општото работење на контролорот има синхронизацијата меѓу сектори со просечно подобрување од 0.62% во споредба со синхронизацијата во самиот сектор. Разликата меѓу синхронизацијата во самиот сектори и меѓу секторите не е значајна за $P=0.762$, $FC=0.324 < FST=1.667$ на $\alpha=0.05$

- при секторизација во самиот сектор, работното оптоварување на ЕС и РС се намалува непречено со зголемен број на летови и синхронизирани рути со просечна разлика на синхронизацијата меѓу сектори за 0.2% на половина час во случај на ЕС (оваа разлика не е значајна за $P=0.366$, $FC=0.910 < FST=2.132$ на $\alpha=0.05$) и 0.32% на половина час за РС (оваа разлика не е значајна за $P=0.979$, $FC=0.028 < FST=2.132$ на $\alpha=0.05$). Примената на синхронизација меѓу сектори има негативно влијание на општото работење, така што нивото на сообраќај се намалува во просек за 0.07% (ЕС) и 0.16% (РС).

Општото подобрување на работното оптоварување кое е резултат на синхронизацијата на сообраќај е значајно. Како што се очекува, до подобри резултати на работно оптоварување до максимум 10% на половина час за еден ЕС и максимум 5% на половина час се добија во секторите каде што има синхронизација на сообраќај.

6.3.4 ВАРИЈАЦИИ НА КОНФЛИКТИ

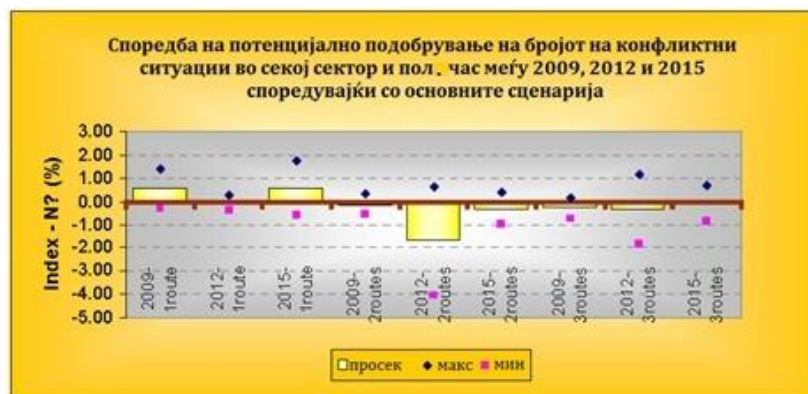
Со синхронизација на сообраќајот не се докажа можноста од значајно намалување на просечниот број на конфликтни ситуации во еден сектор на половина час. На секторска основа, со зголемен број рути, бројот на конфликтни ситуации се зголемува, но ова зголемување не е значајно за $P=0.18$, $FC=2.32 < FST=5.143$ на $\alpha=0.05$.

Со синхронизацијата има повеќе конфликти во сектор на половина час во просек за 0.98% во споредба со референтните сценарија. Општото зголемување е резултат на недоволниот сообраќај на целните нивоа на лет, и каде што има вертикални измени и измени на брзина кои доведуваат до непотребни конфликтни ситуации (2009, 2012 година). Зголемувањето на конфликтите во секој сектор на половина час кои се резултат на синхронизацијата на сообраќај не е значајно (на ниво на значајност од 0.05) на сите нивоа на сообраќај во споредба со референтните сценарија:

- 2009 наспроти референтното сценарио: $P=0.179$, $FC=1.37 < FST=1.69$
(критичните вредности за FST одговараат на $\alpha=0.05$)
- 2012 наспроти референтното сценарио: $P=0.035$, $FC=1.2 < FST=1.69$
- 2015 наспроти референтното сценарио: $P=0.789$, $FC=0.269 < FST=1.69$

Соодветното ниво на претпоставениот сообраќај (2015 година) на целните рути дава подобри резултати речиси без промени во споредба со референтното сценарио (мало подобрување од 0.07% за секој сектор и половина час). Друга причина за подобрување може да е примената на на 10 NM при раздвојување на воздухоплови во споредба со 5 NM за сообраќајот во 2009 година; со ова се елиминираат конфликтните ситуации во еден проток. Не беше можно јасно да се процени поврзаноста меѓу бројот на рути и општиот број на конфликтни ситуации - кога има подобрување или влошување. Ова е резултат на селекцијата на различни рути на секое ниво на сообраќај, а оттука следат различни сектори и рутна мрежа во локалната област низ која минува рутата. Со селекцијата на исти рути со различно ниво на сообраќај се дава подобра и јасна слика на конекцијата меѓу бројот на рути и бројот на конфликтни ситуации.

Од Сл. 6. 27 се гледа дека општото работење зависи од видот на синхронизација (во- наспроти меѓу-); изразена како голема разлика меѓу максималната и минималната вредност.



Слика 6.27: Просечна промена на бројот на конфликтни ситуации во различни ситуации во сообраќајот

Извор: Изработено од кандидатот

На Сл. 6.28 и 6.29 е даден односот меѓу просечните промени на даден број на конфликтни ситуации за секој сектор и половина час, и синхронизација во самиот сектор и меѓу сектори кога сообраќајот на 3 рути е синхронизиран. Општо, поголемо подобрување од 0.30% се добива кога има синхронизација меѓу сектори во споредба со -2.22% при синхронизација во самиот сектор. Оваа разлика е значајна за $P=0.020$, $FC=2.38 > FST=1.667$ за $\alpha=0.05$. Разликата меѓу синхронизација со прилагодување

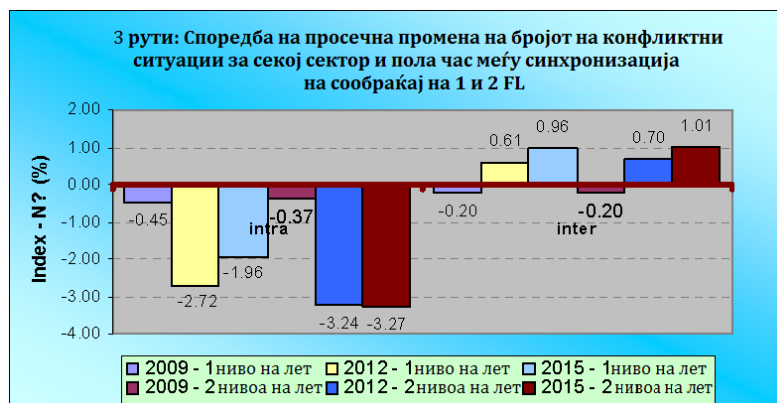
на брзина од +/-6јазли и +/-12јазли или синхронизација на 1 или 2 нивоа на лет не е значајна поради наведените причини.

- Разликата во бројот на конфликти која е резултат од примена на синхронизација на сообраќај со промена на брзина од +/-6јазли и +/-12 јазли не е значителна за $P=0.019$ $FC=1.54 < FST=1.667$ на $\alpha=0.05$
- Разликата во бројот на конфликти како резултат на синхронизација на сообраќај на 1 или 2 FL не е значајна за $P=0.815$ $FC=0.235 < FST=1.667$ на $\alpha= 0.05$



Слика 6.28: Просечна промена на одреден број на конфликтни ситуации во однос на прилагодување на брзината

Извор: Изработено од кандидатот



Слика 6.29: Просечна промена на одреден број на конфликтни ситуации во однос на целните нивоа на лет

Извор: Изработено од кандидатот

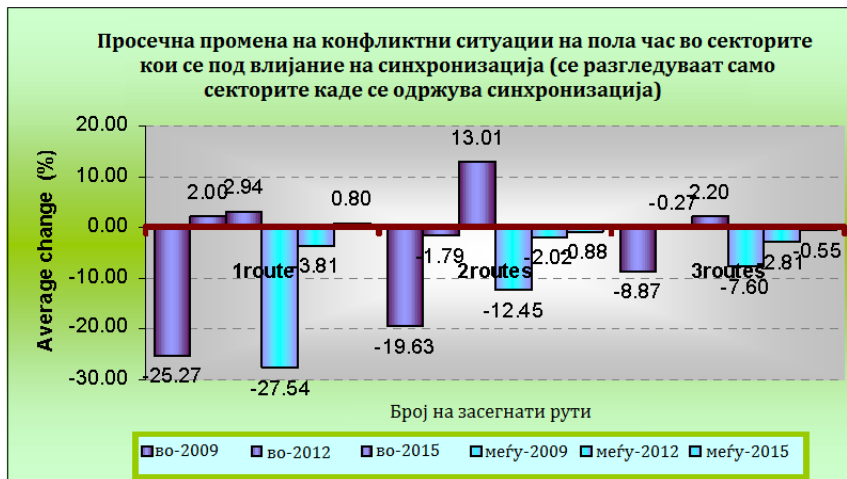
Влијанието од синхронизацијата беше разгледувано во различни конфликтни ситуации. Беа анализирани 11 вида на конфликти, од кои 8 беа со подобрување при

зголемување на сообраќајот. Како што е дадено на Сл. 6.30 и 6.31, главниот дел на негативната вредност има воспоставувањето на синхронизација на сообраќај и зголемениот број на вертикални движења.



Слика 6.30: Просечна промена на дадениот број на конфликтни ситуации – сектори каде се воспоставува синхронизација

Извор: Изработено од кандидатот



Слика 6.31: Просечна промена на даден број на конфликтни ситуации – сектори каде се одржува синхронизација

Извор: Изработено од кандидатот

Работните практики на контролорите во областа ЦЕ се доволни за тековните операции. Но, повторната оптимална дистрибуција на задачите меѓу контролорите поради синхронизација може да придонесе кон подобри резултати.

6.3.5. ПОТРОШУВАЧКА НА ГОРИВО

Поради дефицитот на податоци за мерење на потрошувачка на гориво според моделот на енергија на BADA, се изврши мерење само за 2012 и претпоставки за 2015 година. Потрошувачката на гориво при синхронизација не е значително подобра (на 0.05 ниво) во споредба со референтните сценарија за нивото на сообраќај во 2012 година, но е значително подобра во 2015 година.

- 2012 наспроти референтното сценарио: $P = 0.909$, $FC = 0.370 < FST = 1.69$ (критичните вредности за FST одговараат на $\alpha = 0.05$)
- 2015 наспроти референтното сценарио: $P = 0.023$, $FC = 2.38 > FST = 1.69$

Треба да се нагласи дека разликата во подобрување на потрошувачката на гориво за лет меѓу 2012 и 2015 година е значителна со $P=0.000$, $FC = 4.35 > FST(70)=1.667$ на $\alpha = 0.05$.

На Сл. 6.32 е прикажано дека општиот перформанс зависи од видот на применета синхронизација (во-наспроти меѓу-); изразено како голема разлика меѓу максималната и минималната вредност.



Слика 6.32: Просечна промена на потрошувачката на гориво за лет во различни ситуации на сообраќај

Извор: Изработено од кандидатот

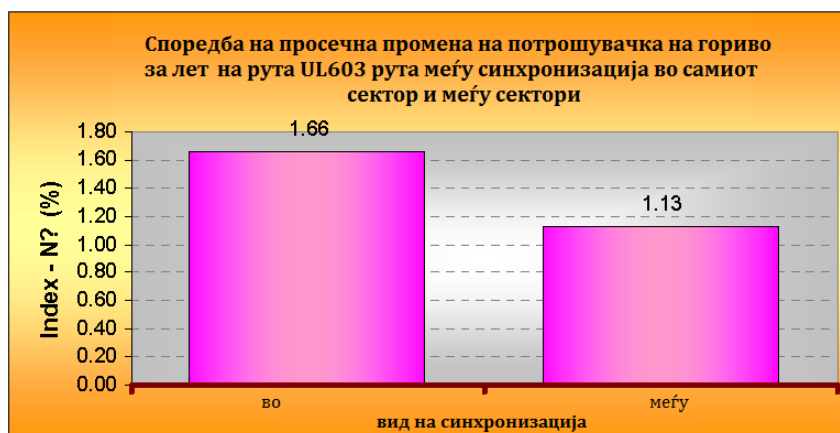
Разликата меѓу синхронизација со прилагодување на брзина од +/-6јазли и +/-12 јазли или синхронизација на 1 или 2 нивоа на лет не е значајна (со $P=0.875$ $FC=0.158 < FST=1.667$ за $\alpha=0.05$) во споредба со синхронизацијата во самиот сектор и меѓу сектори (Сл. 6.33).



Слика 6.33: Просечна промена на потрошувачката на гориво за лет меѓу даден број на рути во однос на +/- 12 јазли

Извор: Изработено од кандидатот

Поголемо подобрување од 0.34% се добива при синхронизација во самиот сектор. Со синхронизација меѓу сектори не се прави разлика при споредба со референтните сценарија. При разгледување само на летовите кои се одвиваат по рута со синхронизиран сообраќај, подобрувањето е до 1.7% за лет (Сл. 6.34).



Слика 6.34: Просечна промена на потрошувачката на гориво за лет во синхронизиран проток

Извор: Изработено од кандидатот

6.4. Резиме од тестирањето на моделот

Во ова поглавје се процени потенцијалното зголемување на капацитетот на воздушниот простор и потенцијалното подобрување на продуктивноста на контролорите намалување на потрошувачката на гориво. Со ова истражување

теоретски се проценија и симулираа сценарија на синхронизација на сообраќај, засновани на правила според кои треба да се одвиваат летовите во протокот. Во овој модел е опфатено ограничувањето на перформансите на воздухопловот, претставени преку можностите на летот.

Беа симулирани 25 различни сценарија на три нивоа на сообраќај (2009, 2012, и претпоставките за 2015 година), беа анализирани и дискутирани резултатите. Зголемувањето на капацитетот на воздушниот простор зависи од продуктивноста на контролорот и од работното оптоварување, кои пак се под влијание на времетраењето на фазата на воспоставување на синхронизација и на други точки, како што се брзината на воздухопловот во лет (хомогена или не) или рутната мрежа и структурата на воздушниот простор со многу точки на разминување, зголемувајќи го потенцијалот за конфликтни ситуации.

Се изврши анализа на рутното доцнење на летот, продуктивноста на секторот, капацитетот на развојот на сообраќајот и работното оптоварување на контролорот, варијациите на конфликти и потрошувачката на гориво. Единствена негативна страна е ограничувањето на слободата на контролорот на летање да одлучат дали летот ќе се одвива во синхронизиран проток или ќе се смени нивото на лет.

Во областа на ЦЕ има доволно дистрибуција на сообраќај на нивоа на лет во однос на брзина на лет. Сепак, има општо зголемување на капацитетот до 4% (во самиот сектор 1.25-4%, меѓу сектори 1%-2.5). Зголемувањето на капацитетот при синхронизација е значителна на ниво на значајност од 0.05. Како што се очекува, поголемо зголемување на капацитетот до 12% може да се добие при разгледување само на сектори, кои веќе се синхронизирани. Вредноста на измерената вредност на продуктивност зависи од многу фактори, посебно од обемот на сообраќај на целните рути, промените на нивоата, конфликтните ситуации, работното оптоварување на контролорите итн.

На секторска основа, подобрувањето на продуктивноста при синхронизација е значајна на ниво на значајност од 0.05 во споредба со референтните сценарија. Може да се очекуваат добивки по достигнување на нивото на сообраќај од претпоставената 2015 година. Синхронизацијата на сообраќај е во просек 1.25% покорисна кога фазата на воспоставување трае кратко (се разгледуваат само засегнатите сектори); во овој случај, со синхронизација на самиот сектор во споредба со синхронизација меѓу

сектори со $P=0.001$, $FC=3.86 > FST=1.746$.

Со зголемување на бројот на летови и рути, просечното подобрување на работното оптоварување на планерот е во просек 0.8% на половина час. Очекуваното подобрување при споредба со основната ситуација се добива само за 2015 година. Подобрувањето на работното оптоварување на РС со примена синхронизација на ниво на сообраќај за 2015 година не е значително подобро од 2012 година, но значително е подобро во 2015 и 2012 година во споредба со 2009 година.

Планерот го организира летот пред да пристигне во границите на секторот со цел да го растовари извршниот контролор и неговата/нејзината комуникација со воздухопловот. Со ова се зголемува работното оптоварување на планерот. Од друга страна, работното оптоварување на извршниот контролор (EC) се влошува со зголемување на бројот на рути и нивоа на сообраќај. Ова е последица на зголемениот број на вертикални движења и комуникација со воздухопловот за да се одбегне конфликтна ситуација која претходно планерот не ја елиминирал. Општата разлика во споредба со референтното сценарио е мала, и не надминува 1.1.% на половина час. Сепак, работното оптоварување на EC на половина час со примена на синхронизација е значително подобро (дури и во 2015 година) во споредба со референтните сценарија.

Rams Plus™ симулаторот не се планира за управување со проток. Негативна страна е строгоста на правилото и приличната нефлексибилност кон корисникот. „Кривата на капацитет“ добиена од RAMS укажува на комбинација од движења во воздушниот сообраќај во еден сектор, кога тимот на контролори има максимален капацитет. Ваквата крива може да помогне при планирање на сообраќајот со укажување на резервниот капацитет во секторот, иако треба да се забележат претпоставките во кои се дефинира кривата. Реалноста кога стриктно се следи синхронизацијата врз основа на правило, и реалноста на симулираните сценарија, би можеле да бидат попрецизни, подобрени. Со тоа би се добил поверодостоен изглед на воздушниот сообраќај.

ГЛАВА 7

ЗАКЛУЧОЦИ

7.1 Генерални заклучоци

7.2 Научен и практичен придонес

7.3 Ограничувања и насоки за идни истражувања

7. ЗАКЛУЧОЦИ

7.1 Генерални заклучоци

Автоматизацијата го заменува човекот во процесот на контролата на воздухопловот, но истовремено, во помал обем создава нови задачи. Бидејќи не е можно во целост да се оствари автоматизација над контролата на сообраќајот, автоматизацијата е помошно средство на оперативниот извршител. Зголемувањето на учеството на автоматизацијата во контролата на воздушниот сообраќај резултира со капацитет на системот, но во исто време го зголемува и бројот на оперативците. Тоа подразбира дека не станува збор за апсолутни, туку за релативни заштеди со ангажирање на поголем број на апсолутни контролори.

Поделбата на воздушниот простор на помали сектори, повторно планирање на рутната мрежа во воздушниот простор и подобрување на технологијата беа решенија за справување со порастот на побарувачката на сообраќај во минатото. Оваа парадигма денес ги достигнува своите граници.

Синхронизацијата на воздушниот сообраќај се истражува како концепт на активности за користење на тековната рутна мрежа, со употреба на тековните работни практики за достигнување на подобар исход со задржување на работното оптоварување на контролорите на моменталното ниво. Протокот на синхронизиран сообраќај се состои од летови на дадено ниво на лет што се одвиваат со иста брзина на лет и со тоа се одржува однапред договореното растојание за раздвојување. Реорганизацијата на сообраќајот според нивоа на лет му овозможува на контролорот да го намали бројот на потенцијални конфликти со што го задржува нивото на безбедност.

Синхронизацијата се прави со цел да се добие **организиран проток на сообраќај, каде воздухопловите се раздвојуваат со постојано растојание, и тоа со најмала можна измена.** Се претпоставува дека со промената на нивоата се создаваат повеќе конфликтни ситуации отколку со прилагодување на брзината.

Во сите сценарија на двата примерока на сообраќај, се намалуваат потенцијалните конфликти на протокот во функција на синхронизацијата на целните нивоа на лет. Дополнително, се подобрува предвидливоста на целните нивоа на лет, бидејќи со синхронизацијата се утврдува единствена заедничка брзина на лет на овие

нивоа на лет. Оптоварувањето е поврамнотежено во сите ситуации, освен во сценарио 3 како резултат на промените на нивоа на лет, доведувајќи до големи можности за вертикални конфликтни ситуации.

Синхронизацијата на примерокот во текот на 24 часа и за време на 5 часа на врвно оптоварување не се разликуваат. Разликата е само во бројот на промени во брзината и на ниво на лет како резултат на помалиот број на летови.

Програмата на слободно летање, базирана на развојот на FRAC RNDSDG е со идеја дека сообраќајот во иднина ќе се планира на друг начин во однос на сегашниот план на летање којшто е поврзан за фиксната мрежа на воздушните правци. Исто така, цел на истражување се техничките и оперативните можности на слободен лет во воздушниот простор над Медитеранот, каде оваа предоперативна програма имаше цел, дефинирање, тестирање и валидност на примената на слободниот лет и на одговорните процедури во издвоената зона, именувана како Зона на слободно летање.

Програмата за слободен лет од аеродромот на полетување до дестинацијата на комерцијалната авијација не е сè уште развиена. Светската еластична мрежа за воздушен сообраќај (WATEN) нема да се осврне на досегашните искуства од овој вид, но се развива како иновативен концепт кој ќе може делумно да вклучува искуства од досегашната програма на слободни летови од одредена точка до друга точка на планираната рута на летање.

За користење на концептот SH во иднина ќе биде клучен односот на позитивните и негативните достигнувања. Во тек е развој, така што анализата е ограничена на досегашните резултати. Предностите на истражувањето се: сообраќајот има помалку задоцнувања на рути, подобрена татквичка и планска контрола, подобрен надзор на сообраќајот, зголемен капацитет на секторот. Исто така, има и директни недостатоци како што се: мал капацитет на индивидуално ниво на летот, непостоечки автоматизиран процес на контрола и раздвојување на сообраќајот, неможност за приклучување на сообраќајот во хоризонталната рамнина со што се ограничува текот на сообраќајот и др.

Зголемувањето на капацитетот се докажа со симулација на сообраќајот. Кога симулацијата покажа дека капацитетот е зголемен, тогаш целта се постигна.

Заклучок е дека автоматизацијата и човечкиот фактор делат работи во контролата и во раздвојување на воздухопловите. Уште многу години ќе чекаме човекот да преземе исклучиво контролна функција, бидејќи уште долго ќе биде во оперативна функција. Комерцијалните притисоци ќе растат и како последица ќе се бара присуство на автоматизацијата.

7.2 Научен и практичен придонес

Научниот придонес од истражувањето во оваа докторска дисертација е следен: пристапот кон проблематиката на конкретната примена на новите воздушни патишта во светски рамки овозможува нова рамка за неопходно планирање и водење на воздушниот сообраќај и капацитетите на истиот со помали трошоци на корисниците.

Теоретскиот придонес се огледа во збогатување и изучување на теоретската материја за подобрување на условите во цивилното воздухопловство:

1. Со примена на соодветен управувачки апарат или со еластично и слободно водење на сообраќајот можно е да се регулира намалувањето или прекинувањето на појавата **на доцнења во авиосообраќајот**.
2. Новата мрежа ќе го прилагоди сообраќајот со автоматизирано раздвојување во фазата на **одржување на правецот**.

Практичниот придонес од истражувањето се огледа низ:

1. WATEN претставува теоретски најповолна мрежа на воздухопловните правци. Благодарение на WATEN, аеродромите се поврзани на најкраток можен начин. Оваа мрежа е конечна и претставува идеален облик на сите правци на воздушните мрежи.
2. Реализирањето (креирањето) на новата мрежа на воздушни патеки ќе го зголеми капацитетот на просторот и вкупната економичност на летовите во цивилното воздухопловство. На овој начин ќе се стабилизира протокот на цивилниот воздушен сообраќај со исто ниво на безбедност.

7.3 Ограничувања и насоки за идни истражувања

Иако во ова истражување се добиени охрабрувачки резултати, потребни се натамошни истражувања за решавање на **следните ограничувања**:

1. Латерално и лонгитудинално раздвојување на воздухопловите треба да се примени со цел да се добие поголемо зголемување на капацитетот во воздушниот простор.
2. Подетални анализи за можноста на летање на воздухопловите во група – групно летање, каде секогаш едниот од воздухопловите ќе биде водител, а другите ќе го следат во група.
3. Принуденост да се задржи постојната организација на воздушниот простор, секторот и конвенционалните мрежи на воздушните правци, како и осетливоста и зависноста од меѓусекторската соработка и соработката меѓу единиците на контролата на летање и одговорните здружени процедури.
4. Оваа програма е неможна во поглед на целосно слободниот лет, задржувањето на влезните и излезните точки во секторите на контролата на летање и задржување на функциите на раздвојување на воздухопловите од страна на контролата на летање.

Врз основа на горенаведеното, произлегуваат и ограничувања во правната регулатива во насока на досредување на латералното и лонгитудиналното раздвојување на воздухопловите, како и можноста за летање на воздухопловите во група – групно летање., Военото воздухопловство може да служи како пример за применување на горенаведеното.

За примена на целосно слободен лет, потребни се идни истражувања на ова поле, како со слични симулации и математички модели, така и во разни аеротунели за подетални анализи.

KORISTENA LITERATURA

1. Abbott T., Speed Control Law for Precision Terminal Area In-trail self spacing, NASA Langley Research Centre, 2002.
2. ACARE ATM Team: High level ATM Concept for the year 2020, VO.2 Advisory Council for Aeronautics Research in Europe, 2004.
3. B. Vojtech, H. Karel, Number of conflicts at the route crossing – rectangular model, University of Zilina, Slovakia, 2003.
4. B.t Vojtech, H. Karel,., Number of conflicts at the route crossing – minimum distance model, University of Zilina, Slovakia, 2003. 65
5. Baker B. 2000. Some useful statistical tables, <http://homepage.usask.ca/~rjb609/Tables.html>, 2000.
6. Beers C., Huisman H., Transition between Free Flight and Managed Airspace, 4th USA/Europe R&D Seminar, New Mexico, USA, 2001.
7. Bergh C.P., Krzeczowski K.J., Davis T.J., TRACON Aircraft arrival planning and optimisation through Spatial Constraint Satisfaction, Air Traffic Control Quarterly, Vo. 3, No. 2, 1995.
8. Brain D., CEATS Fast Time Simulation No. 4, CEATS Research, Development and Simulation Centre, EUROCONTROL, Budapest, March 2004.
9. Corker K., Fleming K., Lane J. Free Flight and the Context of Control: Experiments and Modelling to determine the impact of Distributed Air-Ground Air Traffic Management on Safety and Procedures, 3rd USA/Europe R&D Seminar, Napoli, Italy, 2000.
10. Duong V., Hoffman E., Nicolaon J.-P., Initial Results of Investigation into Autonomous Aircraft Concept (FREER-1), 1st USA/Europe R&D Seminar, Saclay, 1997.
11. Duong Vu, Gawinowski G., Nicolaon J.-P., Smith D., Sector-Less Air Traffic Management, 4th USA/Europe R&D Seminar, Santa Fe, USA, 2001.
12. Ehrmantraut R. , The potential of speed control, 23rd Digital Avionics Systems Conference, Salt Lake City, USA, 2004.
13. Ehrmantraut R., Towards an Operational Concept for Integrated Adaptive and Predictive Air Traffic Management,” 22nd DASC, Indianapolis, Indiana, USA, 2003.
14. EURCONTROL, *Future ATFM Measures*, Operational Concept Document, 2003.

15. EUROCONTROL Performance Review Commission, A Comparison of performance in selected US and European En-route Centres, Final Report, 2003.
16. EUROCONTROL, "Free route airspace concept", Review document for AMWG/12, 30 January – 1 February 2001.
17. EUROCONTROL, "Guidelines for the economic appraisal of EATCHIP projects – the effective use of cost-benefit studies", EUROCONTROL, Edition 1.2, 01 June 1996.
18. EUROCONTROL, „Cost-Benefit Analysis of Free Route Airspace - Final Report“, Nick McFarlane and Philip Church, Helios Technology 14 February 2002, P147D012
19. EUROCONTROL, Adaptation of workload model by optimisation process and sector capacity assessment, EEC Note No. 07/05, Project COCA, 2005.
20. EUROCONTROL, Aircraft performance summary tables for the base of aircraft data (BADA), Revision 3.6, EEC Note No. 12/04, ACE-C-E2, 2004.
21. EUROCONTROL, AMAN Feasibility Study (part 1), ASA.02.AMAN.DEL01.FEA, December 2000.
22. EUROCONTROL, An introduction to human in the loop experiments and statistical analysis, EEC Note No. 07/06, Project MMF, 2006.
23. EUROCONTROL, ATFM and capacity report, EUROCONTROL, 2006.
24. EUROCONTROL, CEATS Business Plan, EUROCONTROL, January 2004.
25. EUROCONTROL, Cognitive complexity in air traffic control, a literature review, EEC Note No. 04/04, Project COCA- Complexity and Capacity, 2004.
26. EUROCONTROL, Eight-states Free route Airspace Concept, Operational requirements document, 2001.
27. EUROCONTROL, EUROCONTROL handbook for airspace management, 2003.
28. EUROCONTROL, Eurocontrol Operational Concept Document (OCD), Volume one (The Vision), Edition 2.1, FCO.ET1.ST07.DEL01, January 2004.
29. EUROCONTROL, European Air Traffic Management System – EATMS – Operational Concept Document, Issue 1.0, EATCHIP, 1997.
30. EUROCONTROL, Free Route Airspace Project (FRAP), Environmental Benefit Analysis, EEC/BA/ENV/Note 004/2002, 2002.
31. EUROCONTROL, Future Air Traffic Management Performance Enhancement, a proposal for the 6th European Framework Program, 2004.

32. EUROCONTROL, Investigating the air traffic complexity, potential impacts on workload and costs, EEC Note No. 11/00, 2000.
33. EUROCONTROL, Performance Review report 2006, EUROCONTROL, 2006.
34. EUROCONTROL, Performance Review Report, An assessment of Air Traffic management in Europe during the calendar year 2004, 2004.
35. EUROCONTROL, Pessimistic sector capacity estimation, EEC Note No. 21/03., 2003.
36. EUROCONTROL, TAAM Operational Evaluation, EEC Note 351, Project SIM-S-E8, Bretigny-sur-Orge, France, 2000.
37. EUROCONTROL, Tube Advanced Lane Concept, Bretigny, 2004
38. EUROCONTROL,. En-Route Multi Sector Planning Procedures, PHARE/EEC/PD3-3.1.3.2.5/SSR;01, 1997.
39. EUROCONTROL,. RAMS system overview document 2.0, Model based simulations subdivision, Bretigny-sur-Orge, France, 1995.
40. European Commission, Study of the implementation rules of economic regulation within the framework of the implementation of the Single European Sky, European Commission Directorate-General of Energy and Transport 2003.
41. Farley T., Foster D. J., Hoang T., Lee. K., A time-based approach to metering arrival traffic to Philadelphia, Aircraft, Technology Integration, and Operations Forum, AIAA-2001-5241, LA, USA, 2001.
42. Faure P., Duong V. , On the Applicability of Free-flight Mode in European Airspace, 2nd USA/Europe R&D Seminar, Orlando, USA, 1998.
43. Gawinowski G., Duong V., Nobel J., Grau J.Y., Dohy D, Bridging the predictive and adaptive issues in air traffic management: The Synchronous paradigm, 22nd Digital Avionics Systems Conference, Indianapolis, USA, 2003.
44. Gawinowski G., Duong V., Nobel J., Grau J.Y., Dohy D, Operational concepts for Supersector, 5th USA/Europe ATM R&D Seminar, Budapest, Hungary, 2003.
45. Gotteland J.-B., Zanni R., Maugis L., Kerlirzin P. , TOSCA II-WP3 : Assessment of the TMA to TMA hand-over concept, Technical report, 1998.
46. Graham R., Hoffman E., Pusch Ch., Zeghal K. , Absolute versus relative navigation, the Theoretical Considerations from an ATM Perspective ATM Workshop, Capri, 2002.
47. Graham R., Marsden A., Pichancourt I., Dowling F,. Controller roles – Time to change, 3rd USA/Europe R&D Seminar, Napoli, Italy, 2000.

48. Green S.M. , En route Spacing Tool: Efficient Conflict-free Spacing to Flow-Restricted Airspace, 3rd USA/Europe R&D Seminar, Napoli, Italy, 2000.
49. Grimaud I., Hoffman E., Rognin L and Zeghal K 2002. Limited delegation with arrival streams: More insight on its impact on controller activity, AIAA Guidance, navigation, and Control Conference and Exhibit, Monterey, California, 2002.
50. Grimaud I., Hoffman E., Rognin L., Zeghal K., Delegating upstream- mapping where it happens, 4th USA & Europe ATM R&D Seminar, Santa Fe, USA, 2001.
51. Guichard L, Guibert S., Hering H., Brochard M. 2005. Shifting the ATM Paradigm: From the use of system resources to the management of objectives, 5th USA/Europe R&D Seminar, Baltimore, USA, 2005.
52. Gwiggner C.P. , Averages, Uncertainties and Interpretation in Flow Planning, 2nd International
53. Hering H. , Technical Analysis of ATC Controller to Pilot Voice Communication with regards to automatic speech recognition system, EUROCONTROL Experimental Centre, EEC Note No.01/2001, 2001.
54. Hoekstra M., Ruigrok R., van Gent R., Free Flight in a Crowded Airspace, 3rd USA/Europe R&D Seminar, Napoli, Italy, 2000.
55. Hoffman E., Ivanescu D., Shaw Ch., Zeghal K., Analysis of spacing guidance sequencing aircraft on merging trajectories, 21st Digital Avionics Systems Conference, Irvine, California, USA, 2002.
56. ICAO, Annex 2 to the Convention on International Civil Aviation – Rules of the Air and Annex 11 – Air Traffic Services, Montreal, Canada, 2003
57. ICAO, Document 4444 – Air Traffic Services, Montreal, Canada, 2006
58. ICAO, Document 8168 – Aircraft Operations, Montreal, Canada, 2004
59. Jacquard P., Ky P., Delain O., Stoltz S., Study for ATFM improvement, IGACEM, SOFREAVIA, 2000.
60. Kupfer M., An approach for air traffic synchronisation in the Central European Upper Airspace, Technische Universität Dresden, Dresden, Germany, 2005.
61. Landry J., Farley T., Hoang T., Expanding the use of time-based metering: multi-centre traffic management advisor, 6th USA & Europe ATM R&D Seminar, Baltimore, USA, 2005.

62. Lee P., Martin L., Mercer J., and col. 2003. Free manoeuvring, trajectory negotiation and self-spacing concepts in distributed air-ground traffic management, 5th USA/Europe R&D Seminar, Budapest, Hungary 2003.
63. Lee P., Martin L., Mercer J., and col., Free manoeuvring, trajectory negotiation and self-spacing concepts in distributed air-ground traffic management, 5th USA/Europe R&D Seminar, Budapest, Hungary 2003.
64. Majumdar A., Polak J., Estimating The Capacity of Europe's Airspace using a Simulation Model of Air Traffic Controller Workload, Transportation Research Board 80th Annual Meeting, Washington DC, USA 2001. 71
65. Miller R.G. , Beyond ANOVA: Basics of Applied Statistics. Boca Raton, FL, 1997.
66. Mogford R.H., Guttman J.A., Morrow S.L., Kopardekar P., The complexity construct in air traffic control: a review and synthesis of the literature, Department of Transportation/FAA Technical Centre, Atlantic City, USA, 1995.
67. Myers T., Klopfenstein M., Mintzer J., Wilmouth G., A preliminary analysis of the impact of miles-in-trail restrictions on NAS flight operations, 6th USA & Europe ATM R&D Seminar, Baltimore, USA, 2005.
68. Myers T., Klopfenstein M., Mintzer J., Wilmouth G.2005. A preliminary analysis of the impact of miles-in-trail restrictions on NAS flight operations, 6th USA & Europe ATM R&D Seminar Baltimore, USA, 2005.
69. NASA Ames Reseach Centre, Concept Definition for Distributed Air/Ground Traffic Management (DAG-TM), Version 1.0, AATT Project/ASC Program, Mountain View, 1999.
70. NASA Ames Research Centre, Airspace and Airports Concepts. Report of the University Concept Team, Airspace Capacity Program, CA, USA, 2003.
71. NASA Ames Research Centre. En Route Descent Advisor, California, USA, <http://www.ctas.arc.nasa.gov/>
72. Planning and Development Unit, Prague, EUROCONTROL, June 2004.
73. Prevot T., Lee P., Callantine T., Trajectory-oriented time-based arrival operations: results and recommendations, 5th USA&Europe ATM R&D Seminar, Budapest, Hungary, 2003. 72
74. RAMS Plus Brochure, <http://www.ramsplus.com/components.asp>, 2003.
75. Ranga, G., CEATS UAC Operational Project Airspace Plan, CSPDU – CEATS Strategy

76. Report on the Gate to Gate Integrated Operational Concept 2004. Validation of a European gate to Gate Operational Concept for 2005-2010, 2004.
77. Report on the Gate to Gate Integrated Operational Concept, Validation of a European gate to Gate Operational Concept for 2005-2010, 2004.
78. Schäfer D. Modin E., A Human factors perspective on free routing and ASAS in the Mediterranean Airspace, 5th USA/Europe R&D Seminar, Budapest, Hungary 2003.
79. Stamp R.G., The DORASTAK Method of assessing ATC sector capacity-an overview. DORA Communication 8934, Issue 2, Civil Aviation Authorities, London, UK, 1992.
80. Stoltz S., Ky P., Reducing Traffic bunching through a more flexible Air Traffic Flow Management, 4th USA/Europe R&D Seminar, 2001.
81. Suarez N. 2005. Super Highway: Development of an Operationally Driven Airspace Traffic Structure for High-Density High-Complexity areas based on the use of Dynamic Airspace and Multi-Layered Planning, 4th EUROCONTROL Innovative Workshop & Exhibition, Bretigny, France, 2005.
82. Suarez N., Super Highway: Development of an Operationally Driven Airspace Traffic Structure for High-Density High-Complexity areas based on the use of Dynamic Airspace and Multi-Layered Planning, 4th EUROCONTROL Innovative Workshop & Exhibition, Bretigny, France, 2005.
83. Trandac D. H., Sectorisation contrainte de l'espace aérien. Doctorial Thesis, France, 2004.
84. Van Gool M., Schroter H., PHARE Final Report, DOC 99-70-09, Brussels, 1999.
85. White K.-A., A study of Chicago O'Hare's March 2005 restrictions using an MIT Analysis tool, 24th Digital Avionics Systems Conference, Washington D.C, USA, 2005.
86. Wickens C.D., Mavor A.S., McGee J.P., Flight to the future: human factors in air traffic control, National Academy Press Washington DC, USA, 1997.
87. Wickens, C.D. and Seagull, J., *Effects of Frame of Reference and Viewing Condition on Attentional Issues with Helmet Mounted Displays*. University of Illinois Institute of Aviation Technical Report
88. Woods, D.D.,. Decomposing automation: Apparent simplicity, real complexity. In: R. Parasuraman and M. Mouloua (Eds.), *Automation and Human Performance: Theory and Applications*, pp. 3-17. Hillsdale, NJ: Erlbaum Lawrence Associates, Inc. Yeh, M