

# АВТОМАТИКА И ИНФОРМАТИКА

Год. XLV

3/2011

СПЕЦИАЛИЗИРАНА B2B  
ИНДУСТРИАЛНА ИЗЛОЖБА В СОФИЯ

- Многоагентни системи за управление
- Защита от информационно замърсяване
- Модел на данните и процесите в администрацията
- Стандарти за радиочестотни електромагнитни излъчвания
- Моделиране на кръстовища в градски условия
- Интерактивни системи за презентация

**MachTech METAL**  
машиностроене,  
металообработване,  
леярство и металургия

**INTRONIKA**  
професионална  
и индустриална  
електроника

**PLAST**  
Международна изложба за пластмаси и каучук  
пластмаси  
и каучук

**IAM**  
international trade fair of  
automation & mechatronic  
автоматизация,  
мехатроника  
и роботика

**TRANSPORT & LOGISTICS**  
транспорт,  
логистика и спедиция,  
складова техника  
и оборудване

**Safety Security**  
системи за сигурност  
и комуникации

28.02. - 02.03. 2012

Интер Експо Център - София

[www.icm.si](http://www.icm.si)[www.iec.bg](http://www.iec.bg)

## СЪДЪРЖАНИЕ

Дни на Джон Атанасов .....	7
<b>Автоматика</b>	
Многоагентни системи за мониторинг и управление на технологични процеси <i>К. Бошнаков, М. Хаджийски</i> .....	11
Интеграция на мултиагентни системи и уеб сървиси в смарт грид системи <i>В. Бошина</i> .....	16
Наблюдение и контрол на автоматизирани системи за сортиране на писма <i>А. Атанасов</i> .....	22
<b>Информатика и информационни технологии</b>	
Обществена защита от информационно замърсяване <i>К. Боянов, А. Боянов, Х. Турлаков</i> .....	29
Изследване на бързодействието на системи за управление на база данни при извършване на репликация <i>П. Георгиев, Д. Будакова</i> .....	32
Национален модел на данните и процесите в администрацията <i>А. Благоев</i> .....	41
Метод за графично представяне на информация <i>С. Стефанов</i> .....	47
<b>Индустриална информатика</b>	
Оценка на съответствието на системите за автоматизация по отношение на излъчени смущения <i>Н. Пантелеев, Б. Мегжидиева</i> .....	48
<b>Моделирание и симулация</b>	
Параметризираны модели на типови кръстовища <i>И. Астинов, Е. Магжарски, К. Ковачев</i> .....	52
Верификация на параметризираны модели на кръстовища в градски условия <i>И. Астинов, К. Ковачев, П. Филева</i> .....	58
Изследване и подобряване на пропускателната способност на кръстовища в градски условия <i>И. Астинов, Е. Магжарски, С. Стоядинов, Д. Салиев, Г. Младенов, К. Ковачев, П. Филева</i> .....	62
<b>Обучение и квалификация</b>	
Интерактивни системи за презентация (интерактивни бели дъски) <i>В. Стойкова, А. Смикаров, О. Томов</i> .....	66
<b>Разработки и внедряване</b>	
Автоматизиране на пароводна топлообменна инсталация <i>П. Петров, Н. Делийски</i> .....	71
<b>Новости, информация, общество</b>	
18 Световен конгрес на IFAC .....	77
Обучение на докторанти в Албена .....	78
Международна научна конференция по компютърни системи и технологии КомпСисТех'11 .....	79

# Изследване и подобряване на пропускателната способност на кръстовища в градски условия

И. Астинов, Е. Маджарски, С. Стоядинов, Д. Салиев, Г. Младенов, К. Ковачев, П. Филева

## 1. Формулировка на проблема

В рамките на договор № 102НИ172-5, финансиран от Вътрешния конкурс на ТУ – София-2010, бяха разработени и верифицирани параметризираны модели на типови кръстовища (1, 2, 3). След успешно приключилата верификация последната фаза от разработката на проекта включва анализ и подобряване на пропускателната способност на реално кръстовище в градски условия.

Статията представя извършените в тази насока дейности и получените резултати.

## 2. Валидация на работата на модела

### 2.1. Избор на подход за валидация

Много добро представяне на известните в практиката подходи за валидация е дадено в [6,7]. Един от методите, посочван като надежден, е методът на сравнението с работата на реална система. Именно този метод беше избран за валидиране на работата на разработения модел от следните съображения:

- Методът е прост за приложение.
- Естеството на проекта е такова, че именно този метод ще валидира най-убедително работата на модела.
- Сравнението между реалната система и модела става просто и бързо.

### 2.2. Кръстовище, използвано за валидация

При избора на реално кръстовище, което да бъде използвано за валидация на модела, бяха приложени следните

препоръчителни изборни критерии:

- Кръстовището да е близо до ТУ – София, за да улесни евентуални придвижвания или обмен на информация и инструкции, нужни за прецизното събиране на информация.
- Кръстовището да е типично кръстовище в натоварено градско направление.
- Кръстовището да позволява удобно заснемане на нужната информация предвид на закупените в рамките на проекта апаратури и стендове.

При прегледа на наличните кръстовища беше избрано това на бул. Г.М. Димитров и ул. Никола Габровски като кръстовище, отговарящо най-близо до условията, дефинирани по-горе. На *фиг. 2-1* е показана сателитна снимка на избраното кръстовище, извлечена с помощта на Internet приложението GoogleMaps.

## 2.3. Резултати от валидацията и заключение

### 2.3.1. Данни, снети от кръстовището

С помощта на VideoCam апаратурата, закупена в рамките на проекта, беше заснето преминаването на превозни средства (ПС) в продължение на един час за конкретен ден и месец от 2011 година. Изборът на продължителността на заснемането – един час – е базиран на практиката за определяне на интензивността на трафика в зависимост от конкретния час на деня. Избраният час бе 09:00-10:00 часа, който е интервал от време с натоварен трафик. *Фиг. 2-2* показва кадър от заснетото движение на ПС през една от посоките на кръстовището – бул. Г.М. Димитров към бул. Цариградско шосе.

Заснетият материал впоследствие беше обработен на



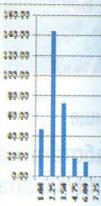
Фиг. 2-1. Кръстовище, избрано за валидация



Фиг. 2-2. Кадър от движението на ПС на кръстовището

Основни статистически данни:  
Брой наблюдения  
Минимална стойност  
Максимална стойност  
Размах  
Средна стойност  
Стандартно отклонение

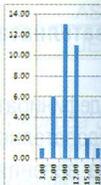
Фиг. 2-3.



Фиг. 2-4.

Основни статистически данни:  
Брой наблюдения  
Минимална стойност  
Максимална стойност  
Размах  
Средна стойност  
Стандартно отклонение

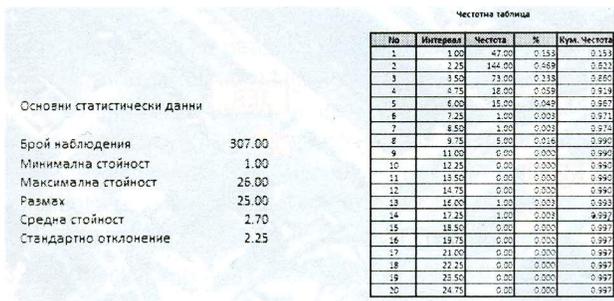
Фиг. 2-5.



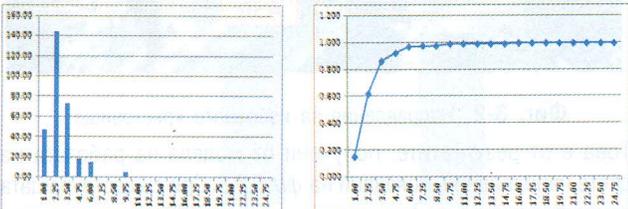
Фиг. 2-6.

Довършен  
Открит  
Довършен  
Посочен  
Желателен  
зачислен  
Нужен  
Функционален

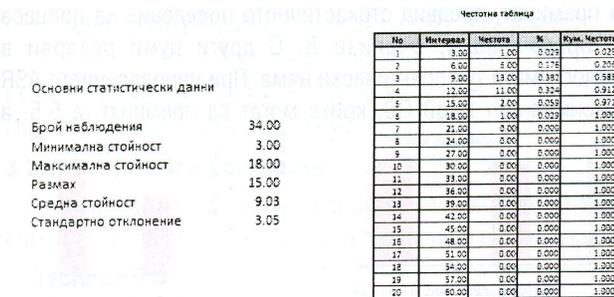
закупените  
обработката  
през кръстовището  
статистически  
валидите на  
функцията  
функцията  
С доклада



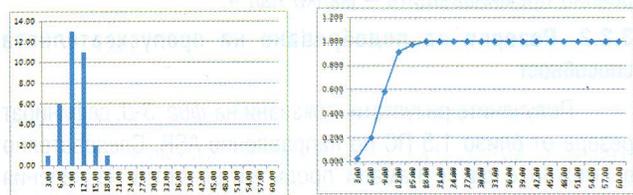
Фиг. 2-3. Основни статистически резултати и честотна таблица



Фиг. 2-4. Плътност на разпределението и кумулативна функция



Фиг. 2-5. Основни статистически резултати и честотна таблица



Фиг. 2-6. Плътност на разпределението и кумулативна функция

Доверително ниво	0.05
Отклонение на дов. Инт.	1.03
Доверителен интервал	8.00 10.05
Постигане на точност	
Желано отклонение	1.00
z число	1.96
Нужен брой наблюдения	35.74

Фиг. 2-7. Проверка на големината на извадката закупените в рамките на проекта стендове. Резултатите от обработката на данни за интервала на преминаване на ПС през кръстовището са показани на *фиг. 2-3* – основните статистически резултати, както и честотната таблица на интервалите на навлизане на ПС в кръстовището – и *фиг. 2-4* – функцията на плътността на разпределение и кумулативната функция на разпределение на разглежданите интервали.

С допълнителен програмен модул, разработен и внедрен

в стенда, бяха извлечени и статистическите данни за броя ПС, преминали през кръстовището за всеки цикъл на зелен сигнал. Резултатите са от един и същи тип с тези, показани на *фиг. 2-3* и *фиг. 2-4* и са илюстрирани на *фиг. 2-5* и *фиг. 2-6*.

За проверка на големината на направената извадка по отношение на броя ПС навлезли в кръстовището, беше съставен доверителен интервал с доверително ниво 5%. Преизчисляването на големината на извадката за постигане на отклонение от едно ПС показа, че са необходими 36 наблюдения. Текущата големина на извадката беше 34 наблюдения, което на този етап беше сметено за достатъчно. Цитираните проверки са внедрени като стандартна функционалност на разработения специализиран модул на програмното осигуряване на стенда. Резултатите са показани на *фиг. 2-7*.

В този си вид от видеоклипа на кръстовището бяха извлечени и стойностите на системните параметри, необходими за нормалната работа на модела.

### 2.3.2. Сравнение с данните от модела

Основният критерий за сравнение, предвид изискванията на проекта, е броят ПС, преминали през кръстовището. Постигането на максимален брой преминали ПС в крайна сметка е и целта на повишаване на пропускателната способност на кръстовището. По тази причина, за критерий за валидация на модела беше избран броят ПС, навлезли (съответно преминали) през кръстовището.

Проведени бяха 30 проигравания на модела с така получените стойности за системните параметри. Нужната големина на извадката, за да се твърди с 95% сигурност, че средната стойност ще е в интервал с отклонение  $\pm 1$  автомобил, беше изчислена на 31. При този резултат броят на проиграванията беше приет за достатъчен. Резултатите по отношение на критерия за сравнение са показани в *табл. 2-1*.

Таблица 2-1

Сравнителен параметър	Данни от кръстовището	Данни от модела
Средна стойност	9.03	9.6
Стандартно отклонение	3.05	2.82

### 2.3.3. Заключение

От сравнението на данните между реалната система и модела, показани в *таблица 2-1* се стигна до извода, че моделът работи с достатъчна точност и се приема за валидиран.

## 3. Анализ и подобряване на пропускателната способност на кръстовище

### 3.1. Описание на кръстовището

#### 3.1.1. Избор на кръстовището

При избора на кръстовище с цел неговия анализ и подобряване на пропускателната му способност бяха

инов,  
слева

улесни  
ация и  
омация.  
варено

ане на  
ките на

избрано  
ки като  
инирани  
мка на  
Internet

ение

упена в  
ревозни  
стен ден  
оста на  
ката за  
мост от  
00 часа,  
рафик.  
ПС през  
имитров

ботен на



вището

мука  
мука



Фиг. 3-1. Избрано кръстовище

използвани следните критерии:

- Конфигурацията на кръстовището да е максимално близка до типовите кръстовища, дефинирани в рамките на разработките на проекта [3].
- Кръстовището да е в оживено място, създаващо затруднения на движението в натоварени часове.

Предвид на цитираните критерии беше избрано кръстовището на бул. „Андрей Сахаров“ и ул. „Йерусалим“.

### 3.1.2. Конфигурация на кръстовището

Сателитна снимка на избраното кръстовище, извлечена от Internet приложението GoogleMaps, е показана на фиг. 3-1. По своята геометрична конфигурация то максимално се доближава до кръстовище тип 3 – „Т“ образно кръстовище.

За целите на по-нататъшният анализ бяха дефинирани условни обозначения на всяко едно от направленията на

Направление	Описание
JER	В това направление има две ленти за движение. Дясната лента е със светофарна секция за завой надясно, а лявата лента – с отделна светофарна секция за завой наляво.
ASL	В това направление има две ленти за движение. Дясната лента е със светофарна секция за движение направо, а лявата лента – с отделна светофарна секция за завой наляво.
ASR	В това направление има две ленти за движение. Дясната лента е със светофарна секция за завой надясно, а лявата лента – с отделна светофарна секция за движение направо.

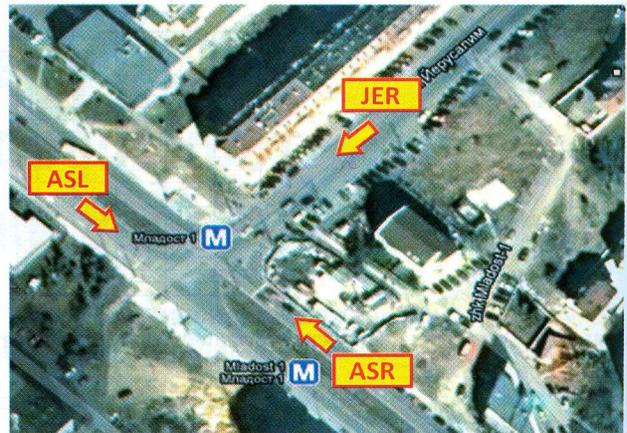
кръстовището, както следва (фиг. 3-2):

## 3.2. Анализ на кръстовището

### 3.2.1. Текущо състояние на кръстовището

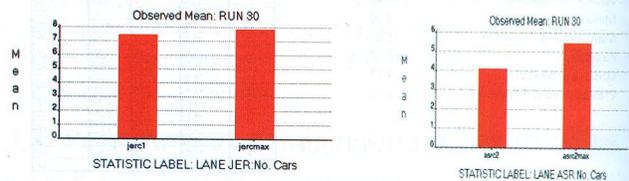
На базата на разработената в рамките на проекта методика за анализ на кръстовища бяха получени следните резултати за разглежданото кръстовище.

От анализа на натоварването на трите направления на кръстовището се установи, че направление JER е най-натоварено, докато направление ASR е най-ненатоварено.



Фиг. 3-2. Направления на избраното кръстовище

Това е от резултатите, получени от модела на работата на двете направления, показани на фиг. 3-3. При съществуващата циклограма на светофара по направление JER на зелен сигнал преминават средно 7.7, а максималният брой ПС, които могат да преминат, предвид стохастичното поведение на процеса на преминаване, е близо 8. С други думи резерви в циклограмата тук практически няма. При направлението ASR максималният брой ПС, които могат да преминат, е 5.5, а



Фиг. 3-3. Натовареност на направленията

реално преминаващите – малко над 4.

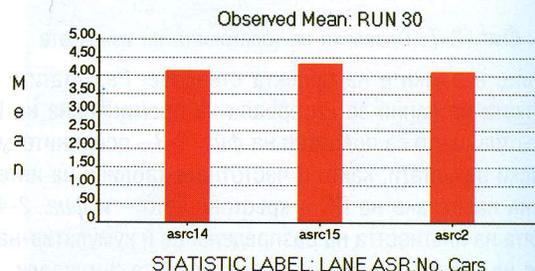
### 3.2.2. Резерви за подобряване на пропускателната способност

Получените резултати, показани на фиг. 3-3, дефинират резерв от близо 1.5 ПС по направление ASR. Следователно възможно е да се намали продължителността на зеления сигнал в направление ASR, което намаление да се прехвърли като увеличение на продължителността на зеления сигнал в направление JER.

## 3.3. Повишаване на пропускателната способност

### 3.3.1. Определяне на големината на резерва във времево измерение

Разработени и проиграни бяха три сценария, в които продължителността на зеления сигнал в направление ASR



Фиг. 3-4. Определяне на резерва от време за зелен сигнал

беше нам...  
ния. Резул...  
От ф...  
на направ...  
продължи...  
Това води...  
на натовар...

### 3.3.2. Про...

След...

М...  
е...  
а...  
п...

### Фиг...

бяха полу...  
способнос...

### 3.3.3. Рез...

Резул...  
рамките н...

### Таблиц...

Направ...

ASL

JER

### таблица 3

От п...  
изводи:

- По...
- Нез...
- Кр...

способнос...

Преп...

вище, е да...

светофар...

циклограм...

който е нап...

ще е необ...

дотук начи...

## 4. Закл...

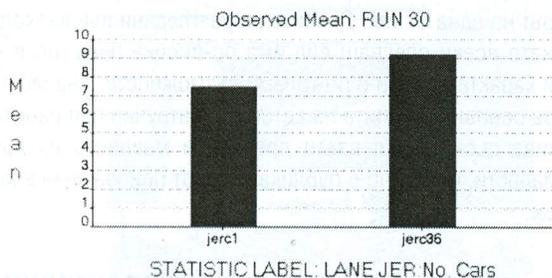
От пр...

беше намалявана по метода на последователните приближения. Резултатите са показани на *фиг. 3-4*.

От *фиг. 3-4* е видно, че пропусквателната способност на направление ASR няма да се наруши до намаляване на продължителността на зеления сигнал от 20 сек на 14 сек. Това води до резерв от 6 сек, които могат да се прехвърлят на натовареното направление JER.

### 3.3.2. Пропускателна способност на направление JER

След корекция на зеления сигнал в направление JER



**Фиг. 3-5.** Коригирана пропусквателна способност в направление JER

бяха получени следните резултати за пропусквателната способност на *това направление* (*фиг. 3-5*)

### 3.3.3. Резултати и препоръки

Резултатите от приложението на разработената в рамките на проект 102НИ172-5 методика са показани в

**Таблица 3-1**

Направление	Текущо състояние (среден брой ПС)	Ново състояние (среден брой ПС)
ASR	5.5	5.4
JER	7.7	9.44

*таблица 3-1.*

От получените данни могат да се направят следните изводи:

- Повишена е пропусквателната способност на направление JER от средно 7.7 ПС на средно 9.44 ПС за продължителността на зеления сигнал на направлението. Това прави средно 1.74 ПС повече за зелен сигнал само или общо 81.35 ПС повече за наблюдавания час.
- Независимо от намаляване на продължителността на зеления сигнал по направление ASR пропусквателната му способност не е намалена.
- Краен резултат – подобрена пропусквателна способност на кръстовището като цяло.

Препоръката към службите, поддържащи това кръстовище, е да внедрят предложените промени в циклограмата на светофара на разглежданото кръстовище, като тази циклограма ще е ефективна само за часовия интервал, за който е направено изследването. За другите часови интервали ще е необходимо изследването да се повтори по описания дотук начин.

## 4. Заключение

От проведените дейности по валидация и внедряване на

резултатите от разработката на проекта могат да се направят следните по-важни изводи:

- Разработени, верифицирани и валидирани са параметризирани модели на типови кръстовища в градски условия.
- Разработена е методика за анализ и подобряване на пропусквателната способност на светофарно регулирани кръстовища.
- Методиката е базирана на разработка на математически методи, софтуерно инженерство, изследване на операциите, дискретна симулация и компютърна графика, което я прави интердисциплинарна.
- Приложението на методиката води до повишаване на пропусквателната способност на светофарно регулирани кръстовища с различни натоварвания по различните направления.

На базата на направените изводи следва заключението, че целите на проект 102НИ172-5 са постигнати.

## Благодарности

Научните изследвания, резултатите от които са представени в настоящата публикация са финансирани от Вътрешния конкурс на ТУ-София-2010 в рамките на договор № 102НИ172-5.

## Литература

1. Астинов, Ил., К. Ковачев, П. Филева. Верификация на параметризирани модели на кръстовища в градски условия. – Автоматика и информатика, ISSN 0861-7562.
2. Астинов, Ил., Е. Маджарски, К. Ковачев. Параметризирани модели на типови кръстовища. – Автоматика и информатика, ISSN 0861-7562.
3. Астинов, Ил., С. Стоядинов. Системен анализ и дефиниране на типови кръстовища. Сборник доклади на 26 международна научна конференция на МТФ, Созопол, 2010, 270-274, ISSN 978-954-438-854-6.
4. Проект No. 102НИ172-5. Разработка на интердисциплинарна, алтернативна методика за анализ и подобряване на пропусквателната способност на светофарно регулирани кръстовища в населени места. НИС при ТУ-София, Вътрешен конкурс за научни изследвания, София, 2010.
5. Астинов, И., Междинов за резултатите по разработката на Проект No. 102НИ172-5 на тема „Разработка на интердисциплинарна, алтернативна методика за анализ и подобряване на пропусквателната способност на светофарно регулирани кръстовища в населени места“. НИС при ТУ-София, Вътрешен конкурс за научни изследвания, София, 2010.
6. Banks, J. Handbook of Simulation: Principles, Methodology, Advances, Applications, and Practice. John Wiley & Sons, 1998, ISBN 0-471-13403-1.
7. Law, A., D. Kelton. Simulation Modeling and Analysis. McGraw Hill, 2000, ISBN 0-07-059292-6.
8. Pritsker, A. A., J. O'Reilly. Simulation with Visual SLAM and AweSim., John Wiley & Sons, 1999.

*За контакти:*

ТУ - София

Машино-технологичен факултет

Лаборатория Симулационно моделиране в индустрията

Тел. (02) 965 3774, факс (02) 9625265

www.smi.tu-sofia.bg