

## КОНСУЛТАЦИИ

Проф. д-н Петър Колев\*, проф. д-р Даниела Тодорова\*\*

### **ИНТЕЛИГЕНТНИ ТРАНСПОРТНИ СИСТЕМИ – ФАКТОР ЗА УСТОЙЧИВОТО РАЗВИТИЕ НА ТРАНСПОРТА**

Направена е характеристика на интелигентните транспортни системи и са разгледани възможностите, които те предоставят за повишаване на качеството на транспортната услуга и за подобряването на живота на населението, особено в градски условия. За нуждите на изследването са анализирани разпоредбите на действащите закони, наредби, правилници и други нормативни актове.<sup>1</sup>

JEL: E22; O1; R41

Транспортът е основен сектор за икономическо развитие на Европейския съюз. Според европейската статистика сухоземният транспорт генерира около 11% от БВП на ЕС и в него са заети почти 16 млн. човека. Обществото и икономиката изискват европейска транспортна услуга, която да осъществява свободното движение на хора и стоки с висока степен на сигурност, безопасност, екологичност и комфорт.

В резултат от множеството проекти, които се изпълняват, през последните години транспортът се превръща в един от динамичните и бързо развиващи се сектори на българската икономика с водеща роля за социалното и икономическото развитие на страната. Транспортната дейност допринася за създаването на почти 30% от БВП на промишлеността и селското стопанство, на 70% от БВП на услугите и 5% от работните места.<sup>2</sup> Затова от особена важност е подобряването на транспортната услуга, тъй като тя е решаваща за повишаване на мобилността на хората и стоките.

Според изследвания и обобщени данни на транспорта се дължат около 25% от общото количество емисии на CO<sub>2</sub> в ЕС. Тези данни поставят на дневен ред проблема за замърсяването на околната среда и изключителната натовареност на транспортния трафик, особено в големите градове. Във връзка с това

---

\* ВТУ „Тодор Каблешков“, petarkolev@abv.bg; \*\* ВТУ „Тодор Каблешков“, dtodorova@vtu.bg

<sup>1</sup> Prof. Petar Kolev, DSC, Prof. Daniela Todorova, PhD. INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS - FACTOR FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF TRANSPORT SECTOR. *Summary*: The main objective of the current study is to reveal the contribution of intelligent transport systems to the improving of transport services quality and social conditions of living in the urban areas. The provisions of the laws, regulations, ordinances and other legal documents required for this study are analyzed in the paper.

<sup>2</sup> www.nsi.bg

тук се отстоява тезата, че интелигентните транспортни системи (ИТС), са източник на ползи както за обществото, така и за цялата икономика, защото въздействат положително върху околната среда и изменението на климата чрез по-ефективното използване на инфраструктурата, по-рационалното усвояване на капацитета на превозните средства, избора на най-ефективния вид транспорт за даден маршрут, т.е. допринасят за подобряването на енергийната ефективност. Целта на изследването е да се характеризират ИТС, като се оценят основните ползи от тяхното използване за постигане на устойчиво развитие на транспортния сектор.

В резултат от нарастващата урбанизация и гъстота на населението в световен мащаб пред транспорта стои основното предизвикателство да изпълни важни приоритети, насочени към подобряване потока на трафика, предлагане на транспортна услуга, целяща по-чисти градове с по-малко задръствания. Повишаването на жизнения стандарт на населението чрез предоставяне на модерна и качествена инфраструктура с използване на интелигентни транспортни системи, както и подобряването на качеството на услугите е предпоставка за развитие и икономически растеж. Развитието на икономиката на България изисква модернизиране на множество инфраструктурни обекти и различни дейности от обществен интерес, които предполагат използването на модерни и алтернативни инвестиционни решения. Част от тези инвестиционни средства са интелигентните транспортни системи.

Актуалността на това изследване се определя от необходимостта да се постигне максимална публична полза от прилагането на интелигентните транспортни системи, като се използват най-ефективно техните предимства и се избягват недостатъците им. Предмет на изследване са възможностите на ИТС в прилагането им при моделирането на динамични транспортни потоци. Те са свързани с редица социални, стопански и организационни нововъведения, чиято цел е насочена към предоставяне на по-ефективна транспортна услуга, както и към удовлетворяване на потребностите и желанията на ползвателите. Обект на изследване са интелигентните транспортни системи в областта на автомобилния транспорт и техните интерфейси с други видове транспорт, съдействащи за постигане на устойчиво развитие на сектора в съответствие с новите моменти в европейската транспортна политика, Стратегията за устойчиво развитие и Стратегия „Европа 2020“ на ЕС.

### **Интелигентни транспортни системи**

Въвеждането на такива системи в България е свързано с прилагането на редица нормативни изисквания и с изпълнението на европейските директиви, които са част от европейската нормативна рамка, управлението и развитието на ИТС. Тя включва следните директиви:

- Директива 2010/40/ЕС на Европейския парламент и на Съвета от 7 юли 2010 г. *относно рамката за внедряване на интелигентните транспортни системи в областта на автомобилния транспорт и за интерфейси с останалите видове транспорт*;

- Commission Delegated Regulation (EU) N 305/2013 *относно хармонизирано предоставяне на eCall на територията на ЕС*;

- Commission Delegated Regulation (EU) No 886/2013 *относно данните и процедурите за осигуряване на минимален набор от универсални и безплатни услуги, имащи отношение към безопасността на движение*;

- Commission Delegated Regulation (EU) N 885/2013 *относно предоставянето на информационни услуги за безопасни и сигурни паркинги за товарни автомобили*.

Директива 2010/40/ЕС намира приложение в Закона за автомобилните превози, където в глава 6, „а“ е отразено: „Внедряване и използване на интелигентни транспортни системи в областта на автомобилния транспорт и интерфейси с останалите видове транспорт“. Тя е приложена и в Наредбата за условията и реда за внедряване на интелигентните транспортни системи в областта на автомобилния транспорт и за интерфейси с останалите видове транспорт<sup>3</sup>, съгласно която „*интелигентни транспортни системи (ИТС) са системи, при които се прилагат информационни и комуникационни технологии в областта на автомобилния транспорт, включително инфраструктура, превозни средства и ползватели, и в управлението на движението и управлението на мобилността, както и за интерфейси с останалите видове транспорт*“.

Интелигентните транспортни системи (Intelligent Transportation Systems - ITS) могат да се определят още като модерна и съвременна система, чрез която се извършва наблюдение, управление и контрол и се следи за нормалната дейност на транспортната система. Те са разработени на базата на информационните и комуникационните технологии (ИКТ), с помощта на които се събират и обработват значими количества данни, свързани с транспортния процес. Въз основа на информационната и технологичната информация могат да се вземат редица транспортни решения, както и да се оценят ефектите за изготвянето и прилагането на различни транспортни проекти.

ИТС са създадени да подпомогнат и да се използват от всички участници в движението както преди, така и по време на пътуване. Част от тях служат за измерване на различни параметри на пътния трафик, поведението на шофьорите, състоянието на околната среда, а други предоставят информация преди и по време на пътуване. Трета група системи са комуникационните, които пренасят различна по характер информация от и към контролния център, както и средства за съхранение, анализиране и визуализиране на събираните данни (фиг. 1).

---

<sup>3</sup> Приета с ПМС № 14 от 21.01.2013 г., в сила от 29.01.2013 г.

Фигура 1

### Модели на интелигентни транспортни системи



Прилагането на интелигентните транспортни системи е оперативен инструмент, чрез който се цели повишаване на безопасността, ефикасността и удобството на ползвателите и/или да се улеснят или подпомогнат транспортните операции и дейностите при пътуване. Ползватели на такива системи са всички, които използват приложения или услуги в тази област, вкл. пътници, уязвими участници в движението по пътищата (*пешеходци и велосипедисти, лица с увреждания или с намалена подвижност и ориентация*), ползватели и оператори на пътна инфраструктура, ръководители на автомобилни паркове и оператори на служби за спешна помощ.

### Видове интелигентни транспортни системи и възможности за приложение

Използването на информационните и комуникационните технологии в отделните видове транспорт съдейства за повишаване на ефективността на транспортния процес и за развитието на транспортната инфраструктура.

Прилагането на интелигентните транспортни системи както в транспортната инфраструктура, така и в различните транспортни средства е свързано със сериозни инвестиции, които обаче имат възвръщаемост, защото допринасят за решаването на редица проблеми, засягащи околната среда и

изменението на климата. ИТС дават възможност да се определи и реализира най-ефективният маршрут чрез използването на най-подходящия транспорт.

Внедряването на интелигентните транспортни системи има за цел постепенно да се облекчи движението по пътищата, като основните ползи, произтичащи от постигането на този ефект, са спестяване на гориво и ускоряване на услугите, а оттам и съхраняване на околната среда. С въвеждането на ИТС не само главните пътни артерии, а и цялата транспортна инфраструктура осигуряват възможности за по-малко задръствания, по-голяма сигурност и безопасност на движение, както и за по-чисти райони. Комбинацията от ИКТ, използвана при интелигентните транспортни системи, спомага за постигането на тази цел чрез самото управление на транспортните средства.

Ключова роля при предлагането на транспортната услуга има транспортната инфраструктура, нейното състояние и капацитет. Във връзка с това в съвременните условия, в които се развива българската икономика, в т.ч. и транспортният сектор, се търсят различни възможности за финансиране и подкрепа, които да допринесат за нейното подобряване и по такъв начин да се повиши качеството на предлаганата транспортната услуга. От съществено значение е осигуряването на средства за инвестиции, чрез които да се насърчи модернизацията, реконструкцията и не на последно място - новото строителство. Тук особено голяма роля играят именно инвестициите в интелигентните транспортни системи, които оказват влияние върху качеството и конкурентоспособността на транспортната услуга.

Инвестиционните инфраструктурни мероприятия в ИТС са много важни за повишаване на достъпността и ефективността на транспортния процес, Това са само част от социално-икономическите ефекти на тези системи, които в условията на икономическа криза имат особено голямо значение, тъй като спомагат за постигането на ускорено развитие не само на транспортния сектор, но и на цялата икономика.<sup>4</sup>

Интелигентните транспортни системи имат много възможности, които се използват например за интегрирано управление на таксите за пътуване с градски транспорт, за информационно осигуряване на клиентите, за прогнозиране и управление на трафика, за събиране на пътни такси и др. Едно от съществените качества на ИТС е, че чрез тяхното внедряване могат да се определят и идентифицират основните автомобилни потоци, особено в пикови часове, да се измери натоварването, да се получи информация за натоварените места, където има най-често задръствания или съответно пътно-транспортни произшествия и т.н. Именно поради тези свои възможности те са особено подходящи за определянето и оценяването на различни фактори, влияещи негативно върху транспортния процес (вж. фиг. 2).

---

<sup>4</sup> Тодорова, Кирова и колектив, 2014.

Фигура 2



Повишаването на ефективността на транспорта и подобряването на инфраструктурата изискват прилагането на редица технологични решения, които, както отбелязахме, най-общо могат да се класифицират като интелигентни транспортни системи. Те предлагат съвременна концепция за мобилност, сигурност и безопасност на превозите, подкрепяна от нови технологии. Превозите „от врата до врата“ например изискват партньорство между превозвачи, институции и научни изследвания, а мрежите за добавена стойност, основани на ИТС, предоставят механизми за електронен обмен и обработка на транспортната информация.

### **Ефективна транспортна услуга чрез нови технологии в транспортните потоци**

Новите технологии, използвани при формирането на транспортните потоци, са свързани с редица социални, стопански и организационни нововъведения. Тяхната цел е да се предостави по-ефективна транспортна услуга, както и да се удовлетворят потребностите и желанията на ползвателите. Чрез техническите нововъведения интелигентните транспортни системи правят възможно изграждането на по-ефективна и устойчива европейска транспортна система.

За да функционира транспортна система, предлагаща сигурност и безопасност на превозите, трябва да са налице няколко основни фактора:

- ефективност на превозните средства чрез подновяване на двигателите, материалите и дизайна;
- използване на екоенергия – на нови горива и задвижващи системи;
- по-добро приложение на мрежата от информационни и комуникационни системи;
- по-надеждна експлоатация.

Вече навлизат в употреба нови материали и задвижващи системи (електрически, горивни клетки и т.н.), както и инструменти за управление и интегриране на сложни системи.

По отношение на автомобилния транспорт ИТС представляват важен инструмент за постигане целите на транспортната политика, например на по-голяма безопасност и по-малко задръствания, както е подчертано в Плана за действие за внедряване на интелигентните транспортни системи в Европа (План за действие за ИТС151) и съответната Директива за ИТС152. Изчислено е, че ползата от интелигентните транспортни системи от гледна точка на безопасността по пътищата и задръстванията по тях може да възлезе на 10% спад на смъртните случаи годишно (3500 живота) и 10% понижение на разходите, свързани със задръстванията (12,3 млрд. EUR).<sup>5</sup> Очакваните ефекти от прилагането на ИТС са свързани с:

- намаляване на времето за диференцирано таксуване на превозните средства по пътните мрежи чрез електронните системи за събиране на такси за изминато разстояние, а оттам и реализиране на екоефект от ограничаването на освободените в атмосферата вредни газове;
- насърчаване на мобилността и съкращаване на времето за пътуване чрез използване на приложения за планиране на пътуванията;
- повишаване на безопасността на превозите чрез динамична интегрирана навигация на превозните средства;
- подпомагане на екосъобразното шофиране;
- установяване на т.нар. зелени транспортни коридори.<sup>6</sup>

Характерно за последното десетилетие е активното разработване на нововъведения за превозните средства, например бордови телематични устройства за контролиране, докладване, управление и записване на събития; цифрови тахографи; електронно таксуване и др. Всички те са насочени към изграждането на единна отворена платформа с инфраструктура, която да позволи паралелната работа на различни приложения (безопасност, таксуване, информация и т.н.).

Бърз напредък бележи и разработването на съвместни интелигентни транспортни системи въз основа на обмен на информация между превозните средства и пътната инфраструктура - комуникации от типа инфраструктура към

<sup>5</sup> Пътна карта за постигането на Единно европейско транспортно пространство...

<sup>6</sup> Commissions of the European Communities, 2008.

инфраструктура (I2I), превозно средство към инфраструктура (V2I) и превозно средство към превозно средство (V2V).<sup>7</sup>

Изготвена е стратегия за развитие на транспортните процеси по ефективни транспортни „коридори“, която гарантира увеличаване на ефикасността и ефективността чрез по-добро модално интегриране по отношение на инфраструктурата, информационните потоци и процедурите, ориентирани към „зелени“ транспортни решения.

Анализ и управление на тези процеси може да бъде извършен, като се построят техните математични модели.

$$(1) T^{nt} = \{(S_1, S_2, S_3), \dots, (S_2, S_3, S_4, S_5), \dots, (S_i, S_j, S_{j+1}, S_k)\}, \text{ където:}$$

$T^{nt}$  е множество от позиции, транспортни пътища, коридори на транспортна мрежа и системи за организация и управление на движението.

Транспортният маршрут ( $T^{mt}$ ) е последователност от позиции на транспортната мрежа, които заема обектът при преноса му от начална до крайна точка:

$$(2) T^{mt} = (S_1, S_2, S_3, S_4, S_5), \dots, (S_i, S_j) \in T^{nt}.$$

Транспортното средство ( $T^{ts}$ ) е елемент от транспортната система, осигуряващ преноса на обекта. То е елементарно, когато е неделимо, и съставно, когато е съвкупност от елементарни  $T^{ts}$ .

Транспортната операция ( $T^{to}$ ) е произволна операция - информационна, логическа или физическа, която пренася обекта от точка  $S_i$  в точка  $S_j$ .

Транспортният процес ( $T^{ps}$ ) е разположен във времето и пространството процес на реализации на последователни транспортни операции ( $T^{to}$ ) при пренасянето на обекта от точка  $S_i$  в точка  $S_j$ .

На основата на въведените определения понятието „транспортна система“ може да се дефинира като съвкупност от обекти, средства, ресурси и технологии за пренос на обекти ( $T^{ob}$ ) от точки  $S_i$  в точки  $S_j$  чрез реализации на множество от операции  $T^{to}$ , организирани в транспортни процеси  $T^{ps}$ .

### Логически модели на транспортните процеси

Тези модели ще бъдат изградени на базата на въведените понятия. Операциите за управление на транспортните процеси са детерминирани над едно дискретно множество, което образува транспортна мрежа.

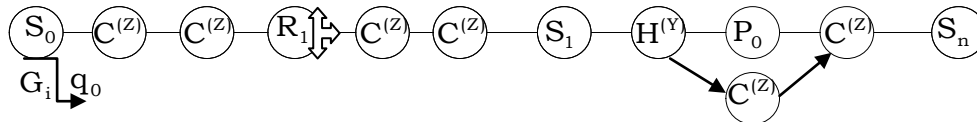
При някои конкретни анализи на транспортни системи и процеси факторът „инертност“ няма съществено значение. Такива са случаите при планиране на

<sup>7</sup> Пътна карта за постигането на Единно европейско транспортно пространство...



маршрути на движение, пешеходни потоци, непресичащи се квазидинамични транспортни потоци.

Ако мрежата е едномерна, тя може да се представи по зони чрез следната схема:



където:  $S_0$  е адрес, в случая начален;  $C^{(Z)}$  - незаета зона;  $H^{(Y)}$  - зона за управление по нататъшно придвижване;  $R_1$  - възможно разклонение на линейната мрежа;  $P_0$  - препятствие.

Преместването на обекта  $G_i$  се извършва от устройство  $q_j$ , което притежава свойствата ориентация и управление. Това се изразява по следния начин:

$$(3) \quad G_i(q_j)C^{(Z)}K_S G_i(q_k); G_i(q_j)C^{(Z)}K_R G_i(q_k); G_i(q_j)C^{(Z)}K_L G_i(q_k)$$

$$G_i(q_j)P_0 K_R G_i(q_k); G_i(q_j)H^{(Y)}K_S G_i(q_k); G_i(q_j)C^{(Z)}K_{\Pi} G_i(q_k) \text{ и други.}$$

където първите три знака определят възможното събитие, а останалите три - реакцията на оператора. Такива изрази могат да се използват за управление на транспортния процес на всяка стъпка от неговото развитие.

Тук със знаците  $K$  са дефинирани команди:

$K_S$  - команда за преместване с една стъпка напред;

$K_R$  - команда за промяна на направлението на преместване в посока дясно;

$K_L$  - команда за промяна на направлението на преместване в посока ляво;

$K_{\Pi}$  - команда за престой;

$K_{OX}$  - команда обратен ход.

Наборът от транспортни операции е достатъчен, когато позволява реализация на произволни технологични операции при моделиране на различни транспортни процеси.

С разгледаните оператори може да се определи маршрутът на транспортния поток и квазистатичното управление на обекта, където големината на зоните по дефиниция се съобразява с тази на обекта  $G_i$ . Движението на потока обаче се развива във времето, поради което от особено значение е времето за придвижване от точки  $S_i$  в точки  $S_j$  на маршрута. Процесът е динамичен при условия, различни от дефинираните, и транспортните процеси могат да се определят като инерционни. При анализа на движението на транспортните обекти е необходимо да се отчете тяхната инертност, баланс на енергията и условия на движението. Всичко това при най-простия механоматематичен модел се представя от основното уравнение на динамиката.

$$(8) \quad m \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = \vec{F}, \text{ където } \vec{r} \text{ [m] е закон на движение; } m \text{ [kg] - маса}$$

на обекта;  $\vec{F}$  [N] - движеща сила и  $t$  [s] - независима променлива.

Ако това уравнение се проектира върху подвижния триедър на Френе, свързан с линията на маршрута, се получава:

$$(9) \quad m \frac{d^2 S}{dt^2} = F_{\tau}, \text{ от което следва } \frac{dS}{dt} \Rightarrow v = wt + v_0 \quad w = \frac{F_{\tau}}{m},$$

където  $S$  е криволинейната абсциса  $S = S(t)$  се представя законът за движение (преместванията) на обектите на потока.

Отчитайки динамиката на процеса, зоните в транспортната мрежа могат да бъдат *фиксираны* или *променливи*.

Транспортна мрежа с *фиксираны зони* има, когато:

$$\frac{d^2 S}{dt^2} = 0 \Rightarrow \frac{dS}{dt} = \text{const} \quad \text{т.е. скоростта } v = \text{const}.$$

Преместването на обекта от зона в зона се извършва за еднакво време с постоянна скорост, следователно дължината на зоната не се променя.

Транспортна мрежа с *променливи зони* има, когато:

$$\frac{d^2 S}{dt^2} \neq 0 \Rightarrow \frac{dS}{dt} \neq \text{const} \quad \text{т.е. скоростта } v \neq \text{const}.$$

Големините на зоните са пропорционални на зададена начална зона и средната скорост за избран интервал от време.

Транспортна мрежа със *смесени зони* има, когато процесът се развива във времеви интервали, притежаващи свойствата на описаните мрежи.

За да може да се приложи подходът за моделиране, като се отчете динамиката на процеса, е необходимо движението на елементи на потока и промяната на зоните да се представи чрез крайни разлики. За целта ще развием функцията  $S(t)$  в ред на Тейлор:

$$(10) \quad S(t + \Delta t) = S(t) + \Delta t \cdot \dot{S}(t) + \frac{1}{2} (\Delta t)^2 \cdot \ddot{S}(t) + \frac{1}{3} (\Delta t)^3 \cdot w \ddot{\ddot{S}}(t) + \dots$$

С точност до малки от втори порядък за развитието в положителна и отрицателна посока се получава:

$$(11) \quad \begin{aligned} S(t + \Delta t) &= S(t) + \Delta t \cdot v(t) + \frac{1}{2} (\Delta t)^2 \cdot w(t) \\ S(t - \Delta t) &= S(t) - \Delta t \cdot v(t) + \frac{1}{2} (\Delta t)^2 \cdot w(t) \end{aligned}$$

Ако  $S(t)$  се означава като зона  $S_i$  и може да се приеме, че  $v(t) = v_i$  е средната скорост в тази зона, то условията (11) приемат вида:

$$(12) \quad \begin{aligned} S_{i+1} &= S_i + \Delta t \cdot v_i + \frac{1}{2} (\Delta t)^2 \cdot w \\ S_{i-1} &= S_i - \Delta t \cdot v_i + \frac{1}{2} (\Delta t)^2 \cdot w \end{aligned}$$

Първото условие ще бъде използвано за определяне на зоните на транспортната мрежа:

$$(13) \quad S_{i+1} = S_i + \Delta t \cdot v_i + \frac{1}{2} (\Delta t)^2 \cdot w \quad \text{за } (i = 0, 1, 2, 3, \dots, n),$$

а като се съберат двете уравнения, ще се получи и условието за проверка:

$$(14) \quad S_{i+1} + S_{i-1} - 2S_i = (\Delta t)^2 \cdot w$$

Да определим зоните на динамична едномерна транспортна мрежа за конкретни характеристики на потока:

А) Приемаме, че за  $i = 1 \dots 5$  се извършва *ускоряване* на процеса.

От (9) имаме, че ускорението  $w = \frac{F}{m}$ , и нека съгласно параметри на елементи на потока е:

$$(15) \quad w = 10 \frac{m}{s^2}; \Delta t = 1s; v_0 = 0; v_i = w \cdot i \cdot \Delta t + v_0 = 10i.$$

Началната зона се приема за равна на размера на елемент от потока  $S_0 = \tilde{G} = 20[m]$ .

Да определим големините и скоростта на пренасяне в някои динамични зони, където има ускорение, равномерно движение или закъснение на потока.

**за  $i=0$**  от (13) и (15) получаваме

$$v_1 = 0 \frac{m}{s} \quad S_1 - S_0 = 0 + \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 10 \Rightarrow S_1 = 25m$$

**за  $i=1$**  от (13), (14) и (15) получаваме

$$v_1 = 10 \frac{m}{s} \quad S_2 - S_1 = 10 + \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 10 \Rightarrow S_2 = 40m$$

$$S_{i+1} + S_{i-1} - 2S_i = ?(\Delta t)^2 \cdot w \Rightarrow 40 + 20 - 50 = ?10 \Rightarrow 10 = 10$$

**за  $i=2$**

$$v_2 = 20 \frac{m}{s} \quad S_3 - S_2 = 20 + \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 10 \Rightarrow S_3 = 65m$$

$$S_{i+1} + S_{i-1} - 2S_i = ?(\Delta t)^2 \cdot w \Rightarrow 65 + 25 - 80 = ?10 \Rightarrow 10 = 10$$

**за  $i=3$**

$$v_3 = 30 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad S_4 - S_3 = 30 + \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 10 \Rightarrow S_4 = 100\text{m}$$

$$S_{i+1} + S_{i-1} - 2S_i = ?(\Delta t)^2 \cdot w \Rightarrow 100 + 40 - 130 = ?10 \Rightarrow 10 = 10$$

**за  $i=4$**

$$v_4 = 40 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad S_5 - S_4 = 40 + \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 10 \Rightarrow S_5 = 145\text{m}$$

$$S_{i+1} + S_{i-1} - 2S_i = ?(\Delta t)^2 \cdot w \Rightarrow 145 + 65 - 200 = ?10 \Rightarrow 10 = 10$$

**за  $i=5$**

$$v_5 = 50 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad S_6 - S_5 = 50 + \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 10 \Rightarrow S_6 = 200\text{m}$$

$$S_{i+1} + S_{i-1} - 2S_i = ?(\Delta t)^2 \cdot w \Rightarrow 200 + 100 - 290 = ?10 \Rightarrow 10 = 10$$

Б) Нека от  $i = 6 \dots 16$  процесът да протича *равномерно*, т.е.

$$v_i = 50 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad w = 0 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

Тогава от (13) получаваме

$$(16) \quad S_{i+1} = S_i + \Delta t \cdot v_i \quad \text{за } (i = 6, 7, 8, \dots, 16),$$

Тогава:

$$\text{за } i=6 \quad v_6 = 50 \frac{\text{m}}{\text{s}}: \quad S_7 - S_6 = 50 \Rightarrow S_7 = 250\text{m}$$

$$\text{за } i=7 \quad v_7 = 50 \frac{\text{m}}{\text{s}}: \quad S_8 - S_7 = 50 \Rightarrow S_8 = 300\text{m}$$

$$\text{за } i=8 \quad v_8 = 50 \frac{\text{m}}{\text{s}}: \quad S_9 - S_8 = 50 \Rightarrow S_9 = 350\text{m}$$

$$\text{за } i=9 \quad v_9 = 50 \frac{\text{m}}{\text{s}}: \quad S_{10} - S_9 = 50 \Rightarrow S_{10} = 400\text{m}.$$

- .....  
- .....

По метода на математическата индукция получаваме:

$$(17) \quad S_k = S_6 + 50(i - 6)$$

$$\text{за } i=16 \quad v_{16} = 50 \frac{\text{m}}{\text{s}}: \quad S_{16} = S_6 + 50(16 - 6) \Rightarrow S_{17} = 700\text{m}$$

Очевидно е, че ако условията позволяват в този интервал процесът да бъде разгледан като квазистатичен, т.е. имаме пренос от зона в зона, без да се отчита скоростта, т.е.  $v_i \approx 0$ , то зоните за  $i=6 \dots 16$  ще бъдат еднакви и равни на 200m.

В) Нека процесът от  $i=16$  до спиране да протича *закъснително*, т.е.

$$(18) \quad w = -10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2};$$

$$\Delta t = 1\text{s}; v_{16} = 50 \frac{\text{m}}{\text{s}};$$

$$v_i = w \cdot i \cdot \Delta t + v_{16} = 50 - 10(i - 16)$$

Тогава от (13) и (14) за  $i=17 \dots$  получаваме:

$$\text{за } i=17 \quad v_{17} = 40 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad S_{18} - S_{17} = 40 - \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 10 \Rightarrow S_{18} = 735\text{m}$$

$$\text{за } i=18 \quad v_{18} = 30 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad S_{19} - S_{18} = 30 - \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 10 \Rightarrow S_{19} = 750\text{m}$$

**за  $i=19$**

$$v_{19} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad S_{20} - S_{19} = 20 - \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 10 \Rightarrow S_{20} = 765\text{m}$$

$$S_{i+1} + S_{i-1} - 2S_i = ?(\Delta t)^2 \cdot w \Rightarrow 765 + 735 - 1500 = ? - 10 \Rightarrow -10 = -10$$

**за  $i=20$**

$$v_{20} = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad S_{21} - S_{20} = 10 - \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 10 \Rightarrow S_{21} = 770\text{m}$$

$$S_{i+1} + S_{i-1} - 2S_i = ?(\Delta t)^2 \cdot w \Rightarrow 770 + 750 - 1530 = ? - 10 \Rightarrow -10 = -10$$

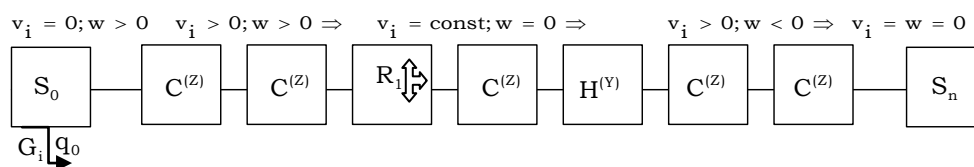
**за  $i=21$**

В този случай скоростта е равна на нула и за да не се реализира движение назад, ускорението също се нулира.

$$v_{21} = 0 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad S_{22} - S_{21} = 0 - \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 0 \Rightarrow S_{22} = S_{21} = 770$$

$$S_{i+1} + S_{i-1} - 2S_i = ?(\Delta t)^2 \cdot w \Rightarrow 770 + 770 - 1540 = ? \cdot 0 \Rightarrow 0 = 0$$

Проверката също излиза:



където:  $S_0$  е адрес, в случая начален;

$C^{(Z)}$  - незаета зона;

$H^{(Y)}$  - зона за управление по нататъшно придвижване;

$R_1$  - възможно разклонение на линейната мрежа;

$P_0$  - препятствие.

Ако транспортната мрежа е едномерна, тя също може да се представи, както в направеното изследване с тази разлика, че при нея зоните са с различна големина и преносът се извършва с различни скорости. Тук тя е само качествена, не са спазени количествени съотношения. Те са дадени в представените вече изчисления.

Преместването на обекта  $G_i$  се извършва от устройство  $q_j$ , притежаващо свойствата ориентация и управление, което и тук, както в (3), се обозначава със следните изрази:

$$(19) \quad G_i(q_j)C^{(Z)}K_S G_i(q_k); G_i(q_j)C^{(Z)}K_R G_i(q_k); G_i(q_j)C^{(Z)}K_L G_i(q_k) \\ G_i(q_j)P_0 K_R G_i(q_k); G_i(q_j)H^{(Y)}K_S G_i(q_k); G_i(q_j)C^{(Z)}K_P G_i(q_k) \text{ и други.}$$

В случая първите три знака определят възможното събитие, а останалите три - реакцията на оператора. Такива изрази могат да се използват за управление на транспортния процес на всяка стъпка от неговото развитие, като командите  $K...$  са дефинирани по-горе.

### Оценка на икономическата ефективност от прилагането на интелигентни транспортни системи

Както посочихме, устойчивото развитие на транспорта е пряко свързано с разработването и прилагането на интелигентни транспортни системи, тъй като тяхното въвеждане осигурява интегрирано управление на трафика, опростени административни процедури и подобрена логистика на превоза, както и попълно проследяване на превозни средства, товари, оптимизирани разписания и транспортни потоци и процеси. Прилагането на ИТС в транспортния сектор е свързано с редица ползи, чиито ефекти ще разгледаме по-нататък (вж. фиг. 3).

Фигура 3

Основни ползи от въвеждането на интелигентните транспортни системи



При оценяване на ефективността на ИТС за осъществяване на транспортния процес голямо значение има провежданата инвестиционна политика, която трябва да стимулира инвестиционната дейност и да подобрява инвестиционните условия. Във връзка с това основен приоритет на тази политика трябва да бъде развитието на сектора и особено модернизиранието на инфраструктурата. Важна предпоставка за прилагането на интелигентни транспортни системи и превръщането им в практическа инвестиция, способна да привлече финансиране, е да се докаже тяхната икономическа и социална ефективност, като се направи оценка на въздействието на транспортните проекти и се определят обществените ползи, които те носят.

*Съществено значение за реализацията на проекти, свързани с въвеждането на ИТС, има оценката на ползите за потребителите от повишаването на сигурността и безопасността на транспортния процес (намаление на прогнозния брой на произшествията и произтичащите от това разходи за отстраняване на последствията от тях), както и на икономии на време за пътуване поради по-добра транспортна услуга. Инвестирането в разработване и въвеждане на интелигентни транспортни системи генерира значителни ползи и по отношение на околната среда. Много важна е оценката на външните ефекти, засягащи замърсяването на въздуха, шума и промяната в климата. Използването на ИТС допринася за намаление на емисиите на замърсяващи вещества в тонове, емисиите на CO<sub>2</sub> и др.*

Ползите от прилагането на ИТС могат да се измерят чрез количествената оценка на конкретни показатели и индикатори, по-основни сред които са:

- брой пътници, използвали услугите на видовете транспорт;
- количество на товари, превозени от видовете транспорт;
- създадени работни места;
- подобрена и модернизирана инфраструктура с включени информационни системи за управление на трафика;

Интелигентни транспортни системи – фактор за устойчивото развитие на транспорта

- спестено време от пътуване;
- повишена средна скорост на движение;
- намалени задръствания;
- оптимизирана транспортна работа;
- иновативност чрез прилагане на нови решения и информационни технологии за развитие на сектора;
- осигуряване на равни възможности за всички хора чрез изграждане на достъпни транспортни съоръжения и системи;
- качество на транспортната услуга при повишена сигурност и безопасност на превозите;
- намалено отрицателното влияние на транспорта върху околната среда;
- спестени разходи и др.

Внедряването на ИТС води до разрешаване на редица проблеми, свързани с управлението на трафика, задръстванията, паркирането, произшествията и катастрофите. Чрез използването на видеокамери се упражнява контрол на трафика. Инвестициите в такива системи допринасят за реконструкция и модернизация на транспортната инфраструктура, за обновяване на транспортните средства, за внедряване на съвременни технологии в превозния процес, което оказва положително влияние върху качеството и конкурентоспособността на транспортната услуга.

Всичко това налага провеждане на политика, насочена към осигуряване на повече финансови средства за въвеждане на интелигентните транспортни системи и за разширяване на тяхното приложение в транспорта, което ще спомогне за неговото устойчиво развитие.

### **Влияние на интелигентните транспортни системи върху устойчивото развитие на транспорта**

Икономическата и финансовата криза налага да се предприемат действия, които допринасят за постигането на устойчиво развитие чрез стимулиране на заетостта и социалната активност на населението; провеждане на ефективна инвестиционна политика; използване на всички възможни източници на финансиране и т.н. Това са и основните елементи в политиката за устойчиво развитие, за повишаване на ефективността на икономиката във всички сектори и за подобряване на начина на живот на хората.

За да се осигури устойчив транспорт, трябва да се реализират няколко важни стъпки: намаляване на нуждата от личен пътнически транспорт, преход към по-устойчиви средства за транспорт и увеличаване на ефективността на обществените превозни средства в транспортния поток. Целта е да се повиши ефективността на транспортния процес, което изисква да се предприемат мерки и да се прилагат инвестиционни решения относно технологиите на превозните средства, както и системи за интелигентно управление на трафика.



Всички сме свидетели, че един от най-сериозните проблеми в градовете, особено в големите, са тапите в трафика, които водят до отрицателни икономически, социални, здравословни и екологични последици. Възможно решение за намаляване на тапите, за подобряване на транспортната услуга, за създаване на комфорт и удобства при пътуването и е прилагането на интелигентните транспортни системи, които съдействат за:

- намаляване на задръстванията и улесняване на придвижването в градовете;
- повишаване на организацията на градския транспорт;
- ограничаване на замърсяването на околната среда;
- въвеждането на интегрирани транспортни услуги и инфраструктура, които предоставят равни възможности за ползване от различните групи население;
- повишаване на сигурността и безопасността на градския транспорт.

Устойчивото развитие на транспорта чрез прилагане на ИТС е съществен елемент в целите и съответно в задачите, заложи в секторните оперативни програми „Транспорт“ 2007-2013 г. и „Транспорт и транспортна инфраструктура“ 2014-2020 г. по Приоритетна ос 2 „Развитие на пътната инфраструктура по „основната“ и „разширената“ Трансевропейска транспортна мрежа“ и по Приоритетна ос 4 „Иновации в управлението и услугите – внедряване на модернизирана инфраструктура за управление на трафика, подобряване на безопасността и сигурността на транспорта“. Финансиране на използването на интелигентни транспортни системи за пътищата е предвидено и по ОП „Регионално развитие“ 2014-2020 по Приоритетна ос 2 „Регионална и местна достъпност“.

Както посочихме, ИТС изискват значителни инвестиции, които да бъдат вложени в развитието, модернизацията и поддържането на транспортната инфраструктура, в съоръжения и транспортни средства. Инвестиционните решения водят до повишаване на сигурността на превозите и намаляване на броя на злополуките чрез внедряване на съвременни системи и технологии, които от своя страна ще допринесат за развитието на модерна и сигурна транспортна система.

*В резултат от прилагането на технологиите и техническите нововъведения за превоз на пътници и товари чрез прилагането на интелигентни транспортни системи транспортният сектор се определя като устойчив и развиващ се сектор на икономиката.*

\*

Извършеният преглед на възможностите за реално приложение на ИТС в транспортния сектор на България дават основание да се направят някои изводи.

- Развитието на градовете и създаването на големи икономически центрове води по естествен път до увеличаване на градската мобилност, което от своя страна поражда редица проблеми от икономически и социален характер, дължащи се на нарастващия трафик. Именно поради това транспортът е един от основните приоритети в развитието на България, свързан с предизвикателството за подобряване на потока на трафика, намаляване на задръстванията, осигуряване на безопасност и екологичност на превозите. Основна възможност за решения относно стимулирането на мероприятия и прилагането на мерки, които биха допринесли за преодоляването на тези проблеми, дават интелигентните транспортни системи.

- Характерно за всички видове транспорт и прилежащата им инфраструктура е, че при тях могат да се използват редица приложения на информационните и комуникационните технологии като елементи на интелигентните системи, които значително ще допринесат за подобряване на ефективността на транспорта.

- Ако се прилагат ИТС, насочени към извършване на по-ефективна транспортна услуга, както и към удовлетворяване на потребностите и желанията на ползвателите, може да бъде изпълнено изцяло моделирането на динамичните транспортни потоци, вкл. с логически схеми.

- Интелигентните системи играят важна роля за транспортните дейности и могат да опростят и да намалят техните разходи.

- Те предоставят големи възможности за повишаване на качеството в организацията на транспортната услуга и за подобряване на живота на населението, особено в градски условия.

- ИТС осигуряват значителни ползи и имат положителен ефект за потребителите на транспортната услуга, за държавата и за обществото, защото въздействат позитивно върху околната среда и изменението на климата чрез по-ефективното използване на инфраструктурата, по-рационалното усвояване на капацитета на превозните средства, избора на най-оптималния за даден маршрут вид транспорт, подобряване на енергийната ефективност чрез оптимизация на трафика в реално време.

- Прилагането на интелигентните транспортни системи спомага за ефективното развитие на транспортния сектор и за неговото устойчиво развитие.

Свойствата на транспортните процеси и системи са свързани с транспортните потоци, в които всеки елемент може да се управлява самостоятелно, изхождайки от собствената си логика – интелект, като отчита движението на множество други елементи, образуващи една система. Конкурентоспособността, мобилността, икономическият растеж и просперитет зависят от състоянието и ефективността на транспортната инфраструктура и от организацията на транспортните процеси в реално време. Решаваща възможност за осъществяване на това дават именно интелигентните транспортни системи, които съчетават качество, силен контрол и комплексност на предоставяните услуги.

*Използвана литература:*

*Анастасов, Т.* (2013). Интелигентни транспортни системи в градовете. Институт за транспортни изследвания, <http://gradat.bg/infrastructure/2013/04/01/2033027>

*Доенин, В.* (2011). Основы абстрактной теории транспортных процессов и систем. Москва: „Спутник“.

*Ламбовска, М.* (2011). Управление на разходите на организацията. Габрово: „Екс-прес“.

*Ламбовска, М.* (2004). Размитите бюджети – инструмент за управление на устойчивото развитие на организацията. - Управление и устойчиво развитие, бр. 3-4, с. 205-209.

*Тодорова Д.* (2011). Индикатори за измерване на устойчивото развитие на наземния транспорт. - Бизнес посоки, бр. 1, с. 99-123.

*Тодорова Д.* (2015). Европейска кохезионна политика. ВТУ „Тодор Каблешков“

*Тодорова Д.* (2015а). Интелигентните транспортни системи – възможност за устойчиво развитие на обществения транспорт. – В: Международна научна конференция „Технологии и наука за устойчиво морско развитие“. Варна, 13-14 май, с. 170-175.

*Тодорова Д., А. Кирова и колектив* (2014). Проект „Създаване на изследователски център „Интелигентни транспортни системи“. ВТУ „Тодор Каблешков“.

*Тодорова Д., П. Колев* (2015). Новаторство в технологиите на транспортните потоци. – В: Международна научна конференция „Технологии и наука за устойчиво морско развитие“. Варна, 13-14 май, с. 176-180.

България прие допълнителни европейски правила за „интелигентен транспорт“, <http://www.investor.bg/ikonomika-i-politika/332/a/bylgariia-prie-dopylnitelni-evropeiski-pravila-za-inteligen-transport,146069/>

Генерален план за организация на движението (ГПОД) (2014), <http://sofia.bg/pressecentre/foto/16-02.pdf>.

Интелигентен транспорт и енергийна ефективност – икономични автомобили, <http://www.sportal.bg/news.php?news=499911>

Интелигентен транспорт 2020 г., <http://ladyzone.bg/article/bulgaria/inteligen-transport-shche-ni-vozi-sled-2020-g.html>

Интелигентни транспортни системи в градовете, бр. 2, <http://stroiteli.elmedia.net/sti/bg/2015.html>

Наредба за условията и реда за внедряване на интелигентните транспортни системи в областта на автомобилния транспорт и за интерфейси с останалите видове транспорт, приета с ПМС № 14 от 21.01.2013 г., в сила от 29.01.2013 г.

Проект на Стратегия за устойчиво развитие на Република България, 2007.

Интелигентни транспортни системи – фактор за устойчивото развитие на транспорта

Пътна карта за постигането на Единно европейско транспортно пространство - към конкурентоспособна транспортна система с ефективно използване на ресурсите (2011). Бяла книга - EUR-Lex - Europa.eu, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/bg/TXT/PDF/?uri=CELEX:52011DC0144>

Ръководство за анализ на разходите и ползите на инвестиционни проекти, [www.eufunds.bg/docs/Guide\\_CBA.pdf](http://www.eufunds.bg/docs/Guide_CBA.pdf)

Стратегия за развитие на транспортната система на Р. България до 2020 г., <http://www.mtitc.government.bg/page.php?category=451&id=3756>

IBM: градският трафик може да се контролира интелигентно, <http://profit.bg/news/IBM:-gradskiyat-trafik-mozhe-da-se-kontrolira-inteligentno/nid-54924.html>

*Todorova D., A. Kirova* (2015). Intelligent Transport Systems – Requirement and Opportunities, 20. - In: Crises situations solution in specific environment. Zilina, p. 671-676.

*Todorova, D., P. Kolev* (2015). Интеллектуальные транспортные системы. Моделирование динамических транспортных потоков при критическом переходе: ускорение – замедление, 20. - In: Crises situations solution in specific environment. Zilina, p. 677-684.

*Todorova, D., P. Kolev.* (2015) Intelligent Transport Systems - Tools for Achieving Sustainable Development of Transport Sector. Bratislava.

Commissions of the European Communities (2008). Communication from the Commission: Action Plan for the deployment of Intelligent Transport Systems in Europe. Brussels, SEC (2008) 3083.

18.I.2016 г.