



ИЗВЕСТИЯ НА БЪЛГАРСКОТО ГЕОГРАФСКО ДРУЖЕСТВО JOURNAL OF THE BULGARIAN GEOGRAPHICAL SOCIETY

Journal homepage: www.geography.bg/



Пространствено-времени модели в ГИС. Обща характеристика и области на приложение Time-space models in GIS. General characteristics and application areas

Аделина Димова

Катедра картография и ГИС,
гр. София, ул. Проф. д-р Александър Станишев, бл. 031, вх. Д, ап. 101,
adelina_naydenova@abv.bg

Adelina Dimova

Cartography and GIS Department

ABSTRACT

Key words:

Spatial-temporal model, GIS,
time-space, temporal model

This paper presents practical importance of space-time models and creation methods in GIS environment. It contains definitions of basic concepts, specifics of time-space modeling, some approaches for modeling time and methods for integrations time-space models in GIS. Practical importance of space-time models is presented by six examples in two categories: study of natural factors and elements and study of socio-economic factors and elements.

Увод

През последното десетилетие географските информационни системи се превърнаха в едно от най-мощните средства за анализи в много сфери на човешкия живот. Интерактивната среда на ГИС позволява извършване на множество операции, които са били невъзможни или твърде бавни и трудоемки със старите методи за анализ и визуализация. Въпреки широкото си приложение и множеството преимущества, които предлага това сравнително ново направление в географската наука, то се изправя пред ново предизвикателство за развитието си в лицето на моделирането на явления, не само в пространството, но и във времето.

Създаването, анализа и интерпретацията на пространствено-темпорални модели в ГИС среда е предизвикателство, не само защото е една, все още не добре разработена тема, особено що се отнася до анализа и интерпретацията, но и заради огромния потенциал, с който разполага. Настоящата разработка има за цел да представи и илюстрира практико-приложното значение на пространствено-темпоралните модели и методите за тяхното създаване в ГИС. По този начин разработката може да послужи като основа за разширяване и усъвършенстване на теоретичните постановки в сферата на пространствено-времеви модели, както и като отправна точка за решаване на част от проблемите, които стоят пред практическото им използване в ГИС среда.

В първата глава на разработката са дефинирани основните понятия за време, пространство, модели и моделиране. Втората глава обръща внимание на спецификата на пространствено-времеви модели. В третата глава са засегнати някои от подходите, които се използват за моделиране на времето. Тази глава представлява своеобразен преход към изясня-

ването на методите за създаване на пространствено-времеви модели в ГИС, които са обект на разискване в четвъртата глава от настоящата разработка. В пета глава са засегнати някои от приложенията на пространствено-времеви модели в практиката, като за целта са избрани шест примера обединени в две категории: изследване на природните фактори и елементи и изследване на социално-икономическите фактори и елементи.

1. Основни понятия

Връзката между времето и пространството е обект на изследване и проучване в много науки, като философия, математика, география и други. В този смисъл тя в никакъв случай не може да бъде възприемана, като явление на съвременния свят. Време-пространствените отношения са предмет на обсъждане още от времето на древните философи. Още Платон дискутира в своята „Allegory of the Cave“ идеята за последиците от философското разбиране на света, като двумерно пространство и осъзнаването на третото измерение. През годините до днес темата е била изследвана от множество учени, но през 1970-та година Hägerstrand поставя началото на т.нар. Времева география (Time Geography) в своята статия „What About People in Regional Science?“, като представя познатото ни географско пространство по нов начин. Местоположението на обектите във времева география се определя от подредена двойка координатни числа – географска ширина и географска дължина. Триизмерното пространство на Hägerstrand използва и трета координата, която представя положението на обектите във времето. Подобна репрезентация днес наричаме пространствено-времеви модел на реалността.

Фактът, че по същество понятията „пространство“,

„време“ и „модел“ са фундаментални (основни), прави изчерпването им с едно определение, не просто трудно, но дори невъзможно. Въпреки това е необходимо те да бъдат изяснени, макар и в ограничена от целите на настоящата разработка степен.

Пространството е основна категория в географията, като наука. Енциклопедия Britannica го определя, като безгранична, триизмерен повърхнинна, в която обекти и събития се случват и имат относителна позиция и посока. Въпреки че през последните десетилетия с количествената революция географията се превърна от наука, която се занимава с местоположението на обектите и явленията в наука, която изследва взаимовръзките между тях и причините за възникването им, то остава една от най-важните определености за всеки географски обект.

За понятието „време“, съществуват редица определения. Някои от тях акцентират на физичните свойства на времето, други – върху времето, като философска категория. Що се отнася до географията, когато говорим за времето и неговата връзка с пространството, основният акцент ще бъде поставен именно върху настъпващите промени свързани с него и начините за определянето им.

За науката понятията модел и моделиране определят в голяма степен представата на човека за заобикалящия го свят. Goodchild (2009) определя моделите, като частично отражение, представящо това как хората възприемат света около тях. Според Börner et al. (2011) моделите са систематично описание на обект или явление, което притежава същите характеристики, като първообраза в реалния свят и служи, като помощно средство при изследването му. Те често са представени, като система от правила, данни и изводи, представени визуално, в материална форма, чрез математически термини, или като компютърна симулация и често се използват в изграждане на научни теории. Съществуват множество интерпретации на това понятие, но най-често то се разбира, като изкуствено създаден с определена цел образ на реален обект или на негови определени страни. В представените определения, обаче присъстват няколко съществени моменти, а именно:

1) моделът представлява образ на реален обект, т.е. не може да има модел на несъществуващо нещо;

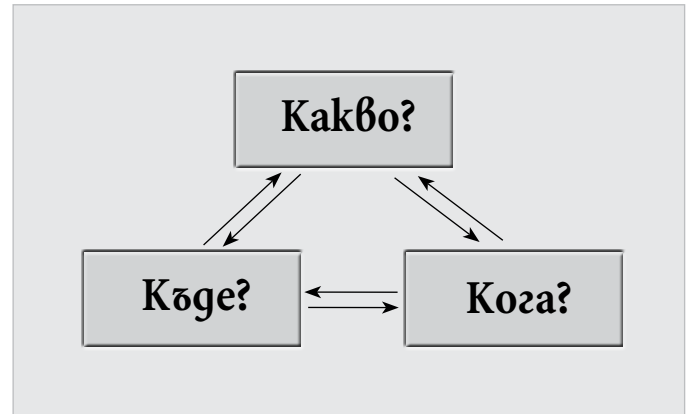
2) моделът представлява конкретни страни на обекта, т.е. всеки модел се създава с определена цел от човека, от където следва, че може да служи за решаването на ограничен обсег от конкретно поставени задачи;

3) моделът пресъздава с определена точност (адекватност, изоморфност, идентичност) реалния обект и в този смисъл е възможно един и същи модел да се отнася за различни обекти, както и един обект може да бъде представен с различни модели в зависимост от това, кои страни на обекта или с каква степен точност се пресъздават.

2. Пространствено-времеви (темпорален) модел

Една от основните цели на моделирането в географията е да бъдат представени обектите и явленията от географското пространство по възможно най-близкия до реалността начин и да бъдат направени изводи за тях чрез изследване на съставения модел. В този смисъл особено важен въпрос се явява възможността за отразяване на всички техни характеристики, най-забележителната сред които е динамичната им природа. В действителност всеки обект или явление може да бъде представен чрез три компонента – простран-

ствен, времеви и качествен (aspatial) (Roshannejad, 1995). Roshannejad счита, че всяка точка в пространството може да се опише чрез т.н. W-триъгълник, в който всеки от върховете отговаря на един от следните въпроси: Какво (What)?; Къде (Where)?; Кога (When)? (Фиг. 1)



Фигура 1. W-триъгълник. Източник: Roshannejad, 2005
Figure 1. W-triangle. Source: Roshannejad, 2005

В контекста на написаното до тук може да се каже че пространствено-темпоралните модели са такива репрезентации на реалната действителност, които отразяват и трите компонента на обектите и явленията от географското пространство. Сред тези компоненти времето има специална роля (Roshannejad, 1995).

3. Подходи за моделиране на времето

За да бъде моделирано времето е необходимо да се дефинира референтна рамка, която да опише самото време (Попов, 2012). Frank (1998) определя няколко типа време, като подчертава, че направената класификация е на база различията, не в самото време, а в начина, по който то се представя. Според него това е необходимо, тъй като начина за измерване и записване на времето, в последствие оказва значително влияние върху възможностите на съставения пространствено-времеви модел. За своята класификация той използва различни съчетания от четири основни свойства на времето, описани по долу:

- Репрезентацията на времето, както и тази на обектите може да бъде дискретна или континуална, подчинявайки се на същите правила. При дискретното представяне на времето, то е съставено от отделни, ясно дефинирани елементи – часове, минути, секунди и т.н. Континуалното му представяне се отличава с възможността винаги между два момента във времето да бъде поставен още един. Това свойство може да се нарече „плътност“ на времето (Попов, 2012);

- Важно е да бъде определено също така дали избраната репрезентация е с линеен характер, разбивайки се от миналото през настоящето до бъдещето или ще притежава цикличността на дните от седмицата, месеците в годината и др.

- Представянето на времето, като линейно или циклично има отношение и е свързано с това дали времето ще бъде отчитано чрез конкретни фиксирани моменти (например 18:30:55, 23.12.1987) или спрямо друг момент, чрез времето отстояние от него (вчера, преди месец, миналата година, след 20 минути и др.). Чрез тези две категории определяме

времето, като абсолютно или относително;

- Последното четвърто свойство се основава на гледната точка и възможността в един и същ момент от време да се случват множество събития, които представляват интерес. В тази връзка е възможно да има само една линия на развитие или разклонена представяща едновременно повече от едно събитие или различни сценарии за очаквани промени от определен момент нататък (Попов, 2012).

Приема се, че при пространствено-темпоралните модели на данните пространствените и тематичните (качествени) атрибути се променят с течение на времето (Попов, 2012). В този смисъл, в зависимост от промените, които се наблюдават могат да бъдат отделени следните три случая:

- Променя се пространствения обхват/местоположение на обектите/явленията във времето, но качествените (атрибутивни) характеристики остават статични. При тези модели фокуса пада върху пространственото развитие на качествено еднакви обекти, като например изследването на промените в териториалния обхват на горските територии;

- Променят се качествените характеристики на обектите/явленията във времето. При разглеждането на подобни модели териториалния обхват остава еднакъв, но обектите се променят качествено във времето. Пример за това може да бъде промяната на собственика на един имот или промяна на неговото предназначение, тогава когато с това не се променят и неговите граници;

- Променя се както пространствения обхват/местоположение на обектите/явленията, така и техните качествени характеристики. Подобен тип анализ се фокусира върху качествените промени, настъпващи при движещи се обекти и представлява цяло направление в пространствено-времето моделиране. Като пример може да бъде посочено изследването на нивата на замърсяване, на които е изложен движещ се в градска среда човек.

4. Методи за създаване на пространствено-времеви модели в ГИС

Един от първите и значими трудове по тази тема е „TimeinGeographicInformation Systems“ (Langran, 1992), които засяга въпроса за пространствено-времевите модели в контекста на географските информационни системи, както и методите за представяне на времето в дигитална среда. Днес темата се разработва от учени, като Miler (1999; 2005), Kwan (2002; 2004; 2011; 2013), Kraak (2003), Karler, Wrigh (2005), Goodchild (2013), Richardson (2013), Kaplan (2013) и др. Въпреки, че е изключително актуална и е изследвана от редица учени, темата за методите за създаване на пространствено-времеви модели в ГИС все още се счита за не добре разработена. Основната причина за това са проблемите, които възникват във връзка с факта, че ГИС не са създадени по начин, който позволява лесно моделиране на времепространство. Създаването и интерпретацията на подобни модели в ГИС среда все още представлява огромно предизвикателство, което предстои да бъде решавано. Към настоящия момент съществуват различни методи разработени от горепосочените учени, които притежават своите качества и недостатъци. Най-често използваните сред тях са:

- „Моментни снимки“ (Langran, 2006) – в действителност подобен метод се използва отдавна за представянето на настъпилите промени в даден обект или явление с течението на времето. При него се създава модел на обекта периодично

(през определен интервал от време), след което получените резултати се сравняват. Използването на подобни модели би могло да ни даде представа за настъпилите промени и относителна яснота за скоростта, с която те се случват, това което не става ясно от него, обаче е какво се е случило между два времеви отрязъка. Това не е единственият недостатък на метода. Друга причина за търсенето на други решения е свързана с факта, че при използването на „Моментни снимки“ се дублират голямо количество данни, които не носят допълнителна информация. При този метод за веки времеви момент се съхранява отделен слой съдържащ модел на обекта;

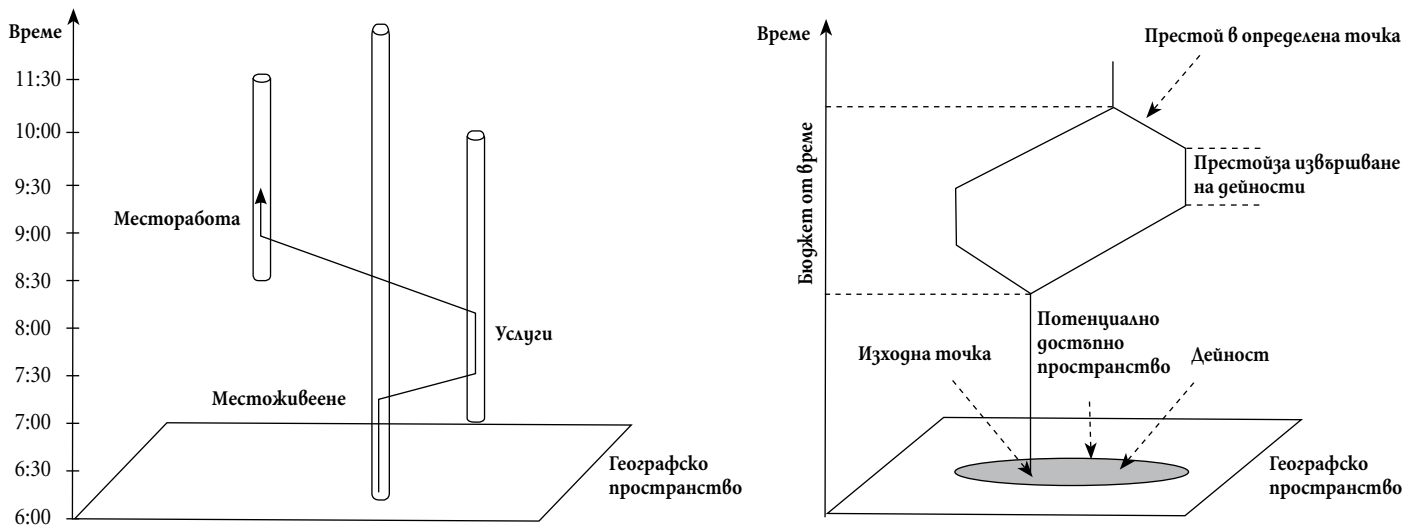
- Модел базиран на добавки – в този модел Langran и Chrisman (2006) предлагат да се съставя модел на изходното състояние на обектите и в последствие да бъдат добавяни само промените, които настъпват с времето. По този начин можем да проследим всичко, което се е случило от самото му начало. Недостатък на този метод е значителното увеличаване броя на обектите в един слой и създадената по този начин предпоставка за грешки. Също така анализа на подобен модел би бил труден, тъй като при намаляване на териториите заети от гори, за сметка на земеделските площи например, получените добавки ще застъпват полигоните под тях и ще правят данните топологично неправилни. Също така ще бъде трудно изчисляването на площта на тези обекти, тъй като техните граници ще бъдат разкъсани в няколко обекта;

- Пространствено времеви куб – това е методът за създаване и визуализация на пространствено-времеви модели в ГИС, който за момента се използва с най-голям успех. Той се основава на триосна координатна система, в която двете от осите се използват за обозначаването на местоположението на обектите, както в двумерното пространство, чрез поделена двойка координати. Третата ос представя времевата компонента, като по този начин можем да изобразим всеки обект с неговото местоположение във всеки времеви момент. Именно този метод за съставяне на пространствено-времеви модел използва и Hägerstrand през 1970 година за изобразяването на своите „Пространствено-времева крива“ и „Пространствено-времева призма“.

Пространствено-времевия куб приоритетно се използва за проследяване на обекти, които се преместват в пространството, като през определен интервал от време се записват местоположението на обекта, часа/датата и неговите характеристики в този момент. В резултат се получава крива последователно (хронологично), свързваща всички точки, принадлежащи на един обект. По този начин се описва неговия път през времето и пространството. Съществен недостатък на модела е огромния обем от данни, които трябва да бъдат съхранявани, тъй като в този случай за всеки вертекс трябва да бъде записана горепосочената информация;

5. Приложение на гис базираните пространствено-темпоралните модели

ГИС базираните пространствено-времеви модели внасят качествено нов смисъл в понятието анализ, като без съмнение биха допринесли за достигането до значими изводи в много сфери на науката и практиката. В рамките на настоящата статия не биха могли да бъдат изброени всички техни приложения, но ще бъдат представени част от тях, като за целта автора е подбрал няколко примера обединени според сферата на тяхното приложение в две категории:



Фигура 2. Пространствено-времева пътека и пространствено-времева призма по Hägerstrand (1970) с изменения.
Figure 2. Time-space path and time-space prism of Hägerstrand (1970) with changes

5.1. Приложение на пространствено-времевите модели в изследването на природната среда

Основните причини, поради които пространствено-времевите модели могат да бъдат решаващи са свързани не само с възможността да бъдат изследвани обектите, които променят своя териториален обхват с времето, но и да бъдат представени движещи се обекти в променящата се среда. Представените по-долу примери имат за цел да илюстрират част от потенциала и значението на пространствено-времевите модели за практиката.

• Определяне на развитието на горските територии

За тази цел най-често се използват модели от типа „моментни снимки“. На база на сателитни и/или ортофото изображения от различни моменти във времето в ГИС среда се извършват анализи за обхвата и състоянието на растителната маса. След като оценката бъде извършена, можем да разгледаме развитието на горската територия във времето. По този начин би могло да бъде извършена оценка на вредните въздействия на построено в близост предприятие, например.

• Определяне на развитието на рискови процеси и природни бедствия;

Рисковите процеси често имат стихийен характер и проследяването им е трудно в реално време. Въпреки това част от тях, като ураганите, пожарите, наводненията, биха могли да бъдат обект на изследване чрез пространствено-времеви модели в реално или близко до реалното време, като моделирането може да помогне за оценка и съответно намаляване на евентуалните щети от явленията.

Освен наблюдението в „реално време“, пространствено-времевите модели могат да бъдат успешно прилагани и в изследването на тези явления и процеси постфактум. Подобни изследвания имат решаващо значение при справянето в бедствия, тъй като в резултат от тях се опознава поведението им в пространството и времето.

• GPS телеметрия

GPS телеметрията е метод, свързан с изследването на поведението на диви животни в естествената им среда. За тази цел за животните, с помощта на нашияник или друго приспособление (в зависимост от конкретното животно) се

прикача GPSустройство и предавател, който на определен интервал от време изпраща данни за местоположението, датата и часа на GPSустройството до приемник. Подобни данни към настоящия момент се използват за определяне на активността и поведението на животните, например местата за хранене. Един от най-значителните приноси за изследването на природната среда и в частност на дивите животни, чрез GPSтелеметрия е възможността да се изследват местообитанията на животните в детайли и благодарение на това да бъдат взимани по-адекватни мерки за тяхното опазване (Aarts, 2008). Времевата компонента на тези данни би могла да бъде основа за оценка на промените настъпващи в поведението на животните в резултат от различни фактори, като построяването на магистрала, разширяването на населени места, намаляване на популацията на друг вид в хранителната верига и др. Интересно изследване в тази посока е извършено между 1993 и 2001 г. в Скандинавските планини. Изследвани са сезонните промени в поведението на мъжките и женските мечки в зависимост от периода на изкарването на овцете на паша. Резултатът доказал че докато при мъжките мечки през този период времето на престой в районите с паша на овце се увеличава, породено от хищническите им наклонности, то при женските намалява, вероятно поради стремежа им да избягват срещите с мъжките мечки (Nygard, 2002).

5.2. Приложение на пространствено-времевите модели в областта на социално-икономическите изследвания

• За изчисляване на пространствено-времева достъпност

През 1991 г. Miller демонстрира как пространствено-времевите призми могат да бъдат приложени чрез ГИС технологиите за целите на транспортната система. Miller сочи, че двуизмерен отпечатък на „potentialpatharea“ е концептуално подобна на мрежовите аналитични структури за определяне на достъпността (Miller, 1991). Този нов „поглед“ над човешкото поведение дава възможност да бъдат сведени до минимум отклоненията в моделите, които оценяват достъпността, тъй като дава възможност потребителите да бъдат разглеждани, като индивидуално поведение, несъществуващо във времето и пространството. Пространствено-времевата призма или ограниченията на Простран-

ствено-времевата пътека във времето, създаващи режим на последователна достъпност до определен брой местоположения за дадено време, дава възможност да се опише с голяма точност територията, която индивида обитава, което би могло да даде ценна информация за много и различни анализи. Подобни анализи биха могли да бъдат прилагани успешно в геомаркетингови проучвания, за които по начало се използва местоживеенето на евентуалния потребител без да се взема предвид неговата дневна активност. Оценката на достъпността чрез пространствено-времево планиране би могла да си използва и като основа за оптимизация на транспортната инфраструктура, което само по себе си би довело до увеличаване на самата достъпност на населението;

- За анализ на престъпността

В своята статия „Correlating Events with Tracked Movements in Time and Space: A Geo Time Case Study“ Kepler, Harper и Wright (2005) представят пример за приложението на пространствено-времевите модели при определянето на извършителя на престъпление. В примера е описан случай, при който таксиметров шофьор блъска пешеходец и избягва от мястото на произшествието. Извършителят е разкрит единствено чрез анализа на данните от GPS устройствата в колите. В представеният случай не присъстват много усложняващи фактори, но той при всички случаи доказва, че чрез и анализ на поведението на движещите се обекти в пространството и времето могат да бъдат определени евентуалните извършители на престъпления. Този метод не е нов и се използва в криминалистиката отдавна, но с помощта на ГИС и геовизуализацията на пространствено-времеви модели той би могъл да бъде автоматизиран в голяма степен, а възможността за грешки да бъде минимизирана.

- За анализ на човешкото здраве.

При изследването на каквото и да е географски проблем свързан с индивидуалното поведение на хората в пространството, класическият подход предвижда вземане под внимание на местоживеенето на изследваната група от хора. Нека вземем например оценката на качеството на въздуха в София. В общият случай ще бъде съотнесен показателя за качество на въздуха към мястото, където живее населението по квартали например. В същото време знаем, че голяма част от хората прекарват по-голямата част от деня си на работното място, в училище или с приятели навън (Kwan, 2011). В този смисъл следва да се зададе въпроса до колко е удачно тези изследвания да бъдат извършвани по класическия метод и до колко репрезентативни са резултатите, които се представят на хората? Този проблем, е дефиниран от Kwan като The Uncertain Geographic Context Problem – UGCoP (Проблем на неопределения географски контекст). Тя подчертава, че точните граници на района, оказващ влияние върху индивида често не може да бъдат определени еднозначно, поради непрекъс-

ната му промяна. По този начин анализът не може да бъде опростен, дори чрез използването на съвременните ГИС (Kwan, 2011). Важна първа крачка към решаването на UGCoP според Kwan е разработването на адекватен теоретичен модел, който взема под внимание пространствения и времевия контекст на човешкото поведение.

Пространствено-времевите модели при изследване на влиянието на околната среда върху човешкото здраве дават възможност за един различен поглед към средата в която живеем и начина по който живеем. Те не само извеждат индивида на преден план, но и представяват възможност за създаване на изключително точни модели, които биха могли да разкрият редица взаимовръзки които до сега не са били известни.

Заключение

В настоящата статия е направен опит за систематизиране на теоретико-методологичната основа на пространствено-времевия анализ в ГИС среда. За целта са дефинирани основните понятия за време, пространство, модели и моделиране, като е обърнато внимание и на спецификата на пространствено-времевите модели. Засегнати са някои от подходите, които се използват за моделиране на времето, като преход към изясняването на методите за създаване на пространствено-времеви модели в ГИС. В последната част от разработката са дадени примери за приложенията на пространствено-времевите модели в практиката, обединени в две категории: изследване на природните фактори и елементи и изследване на социално-икономическите фактори и елементи. Направения анализ на теоретичните постановки и практико-приложното значение на пространствено-времевите модели е основа за бъдещи разработки в сферата на изграждането, анализа и интерпретацията на реален, работещ пространствено-времеви модел в ГИС.

В заключение, след направения преглед на методите за създаване и сферите на приложение на пространствено-темпоралните модели, може да се каже, че макар да съществуват традиции в пространствено-времево моделиране, все още пред интеграцията му с ГИС стоят някои важни въпроси, като тези как да се извърши реално анализа на моделите, как да бъдат съхранявани рационално пространствено-темпорални данни и др. Голяма част от проблемите в това отношение са свързани с факта, че ГИС не са създадени и не са се развивали в посока на моделиране във времето. Въпреки това обаче огромния потенциал, който притежават е причина много учени да работят за усъвършенстването на методите и подходите и дава основание да се вярва, че посочените по-горе проблеми ще бъдат решени в най-близко бъдеще.

Литература

- Попов, А., Географски информационни системи, издателска къща „Анубис“, ООД, София, 2012;
- Roshannejad, A. (1995), W. Kainz HANDLING IDENTITIES IN SPATIO-TEMPORAL DATABASES, Department of Geoinformatics, ITC, P.O. Box 6,7500 AA Enschede, The Netherlands;
- M.F. Goodchild (2009) Modeling the earth: A short history. In M. Dodge, R. Kitchin, and C. Perkins, editors, Rethinking Maps: New Frontiers in Cartographic Theory, pp. 83–96. New York: Routledge.;
- Börner, K., W. Glänzel, A. Scharnhorst, P. Besselaar, „Model of science-dynamics - Encounters between complexity theory and information sciences.“ Springer book in the Understanding Complex Systems series, Hungary, 2011
- Kwan, M. 2011, The Uncertain Geographic Context Problem, Department of Geography, University of California, Berkeley;
- Langran, G., Nicholas r. Chrisman 2006, „A Framework For Temporal Geographic Information“, Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization, University of Toronto Press;
- Kapler, T., R. Harper, W. Wright. 2005, Correlating Events with Tracked-Movements in Time and Space: A Geo Time Case Study, OculusInfo Inc. Toronto, Canada;
- Aarts G, M. MacKenzie et al. 2008, Estimating space-use and habitat-preference from wild life telemetry data. – *Ecography* 31: 140-160;
- Nygard, T. et al. 2002, Home range sizes of brown bear in a border area between Norway and Sweden with different livestock husbandry patterns;
- Miller, H. 1991, „Modeling accessibility using space-time prism concepts within geographical information systems,“ *International Journal of Geographical Information Systems*, 5, 287-301;
- Langran, G. 1992, *Time in Geographic Information Systems*, Bristol, PA, Taylor & Francis Inc;
- Frank, A. 1998, Different types of „times“ in GIS, In: *Spatial and Temporal Reasoning in Geographic Information Systems*, New York, Oxford University Press.