



Получена: 28.12.2022 г.

Приета: 10.03.2023 г.

ГЕОДЕЗИЯ И ГЕОИНФОРМАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИИ В ЕРАТА НА ЧЕТВЪРТАТА ИНДУСТРИАЛНА РЕВОЛЮЦИЯ

И. Кунчев¹

Ключови думи: индустриална революция, геоинформационни технологии, строително информационно моделиране, цифров двойник, 5D моделиране, инфраструктура за геопространствени знания

РЕЗЮМЕ

Човечеството винаги е изпитвало необходимост от надеждни данни за вселената, в която живеем и се развиваме като вид. Статията има за цел да представи мястото, ролята и значението на геодезията и геоинформационните технологии, както и на инженерите по геодезия в ерата на актуалната към момента четвърта индустриална революция. Представени са актуалните към момента две парадигми (вкл. дефиниции), имащи отношение към разглежданата проблематика – строително информационно моделиране и цифров двойник. Предвид текущата ера на четвъртата индустриална революция е представена и новата парадигма, която ще има отношение в най-близкото бъдеще към разглежданата проблематика – инфраструктурата за геопространствени знания. Статията изчерпателно посочва какво точно осигуряват геодезията и геоинформационните технологии на трите парадигми (необходимо, достатъчно и реализиращи условия), както и мястото, ролята и значението на 5-мерното пространствено моделиране, необходимостта от преминаване към позоваване на стандарти в нормативните актове в технологичната област, т.е. стандартизацията, както и другите важни аспекти на тази стандартизация, които подлежат на уточняване.

¹ Иван Кунчев, доц. д-р инж., кат. „Геодезия и геоинформатика“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: ikunchev_fgs@uacg.bg

1. Индустриална революция

Под индустриална революция се разбира процесът на промяна от аграрна и занаятчийска икономика към икономика, доминирана от индустрията и машинното производство [1].

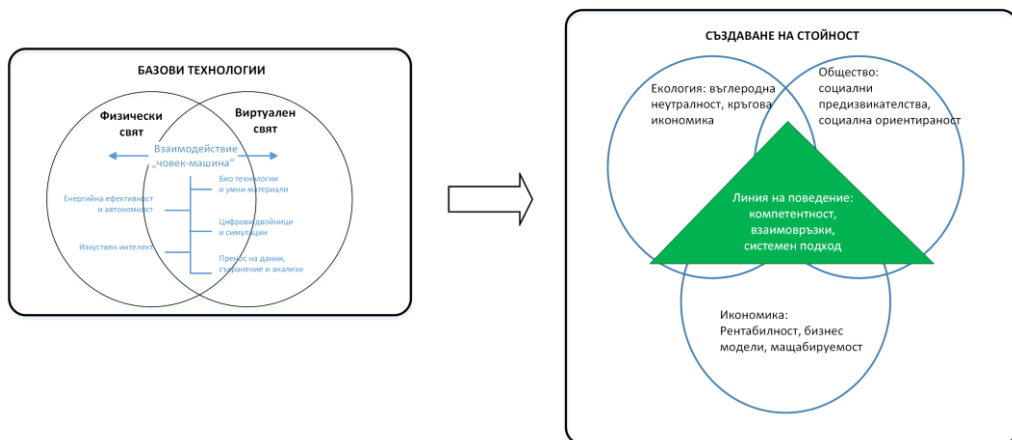
Световната индустрия познава (до момента) четири индустриални революции [2]:

- Първа индустриална революция (Индустрия 1.0), известна като индустриализация (18 век), с характерен пример парният двигател.
- Втора индустриална революция (Индустрия 2.0), известна като технологична революция (19 век), с характерен пример използването на електричеството.
- Трета индустриална революция (Индустрия 3.0), известна като информатизация (20 век), с характерен пример информационните технологии.
- Четвърта индустриална революция (Индустрия 4.0), известна като информатизация и сливане на физическия, дигиталния и биологичния свят (21 век), с характерни примери изкуствен интелект, Big Data, роботика, 3D печат, виртуална/добавена реалност и др. Индустрия 4.0 изразява актуалната тенденция в развитието на автоматизацията и обмена на данни/информация за целите на производството.

Какво предстои?

- Пета индустриална революция (Индустрия 5.0), която се изразява като нов модел на сътрудничество между хора и машини (в близкото бъдеще). Индустрия 5.0 трябва да допълни актуалната Индустрия 4.0, като конкретно постави научните изследвания и иновациите в услуга на прехода към ориентирана към човека устойчива индустрия [3].

Фиг. 1 представя основните характеристики на целите, технологичните фактори и предизвикателствата, свързани с концепцията за Индустрия 5.0 (адаптирана по [4]).



Фиг. 1. Цели, технологични фактори и предизвикателства на Индустрия 5.0

2. Ролята на геодезията и геоинформационните технологии?

Геодезията и геоинформационните технологии са пряко свързани с целите, технологичните фактори и предизвикателствата на Индустрия 5.0 от фиг. 1, посредством двете парадигми – Строително информационно моделиране и Цифров двойник. Тези парадигми съдържат в себе си както актуални, така и бъдещи тенденции по отношение на Индустрия 4.0 и нейното логическо продължение Индустрия 5.0. Освен споменатите две парадигми, в тази точка ще представим нашето виждане какво стои в основата на споменатите тенденции.

2.1. Тенденции – актуални и бъдещи

2.1.1. Парадигма Строително информационно моделиране

В световната литература има много дефиниции на термина Строително информационно моделиране (СИМ), въведени от различни организации и структури: международни стандарти – ISO 19650, ISO 16757; национални стандарти и спецификации – BSI PAS 1192, BS 853, BS ISO 29481, БДС EN ISO 19650; национални организации и структури – National Building Specification (NBS), General Services Administration (GSA), National Institute of Building Science (NIBS), Royal Institute of British Architects (RIBA) и др.; разработчици на СИМ софтуер и решения – Autodesk Inc., ESRI Inc., Bentley Systems Inc.

Изхождайки от множеството дефиниции за СИМ, можем да обобщим, че СИМ представлява **процес, който има за цел, т.е. резултат, създаване и управление на пространствен цифров модел на територията за нуждите на инвестиционното проектиране и при строителството и експлоатацията на сгради, мрежи и съоръжения на техническата инфраструктура**. Основните характеристики на този пространствен цифров модел на територията са: актуалност, изчерпателност, надеждност, точност, споделеност в пространствен и темпорален (времеви) аспект, с възможност за визуализация и представяне в съответствие с конкретен аспект на приложение.

Бидейки в употреба вече повече от двадесет години, е естествено СИМ да еволюира в определена насока. Таблица 1 представя еволюцията на СИМ преди и СИМ сега (в наши дни).

Таблица 1. Еволюция на СИМ

СИМ преди	Еволюция към	СИМ сега
Акцент: Оптимизация	→	Акцент: Свързаност
Какво? (е проектирано)	→	Как ? (ще бъде проектирано, изградено и използвано)
Намерение (комуникация)	→	Реализация (демонстрация)
Модел	→	Проект
Файлове	→	Информация
Десктоп (приоритетно)	→	Облак, десктоп, мобилно у-во (заедно и поотделно)
Локален екип	→	Разпределени екипи (от всяка точка, по всяко време)

2.1.2. Парадигма Цифров двойник

Парадигмата Цифров двойник (ЦД) в общоприетия контекст се дефинира като ([5]) – виртуално представяне на обекти и процеси от реалния свят, синхронизирани с определена честота и точност. Като термин, ЦД се използва от 2012 г. Основните компоненти на парадигмата, техните характеристики и проблемите при взаимодействието в общоприетия контекст са представени в [6].

В контекста на (гео)пространствения домейн, т.е. предметната област на (гео)пространствените данни/(гео)информация, терминът ЦД няма общоприето определение в употреба и като такъв се използва за:

- цифров двойник (близък, реплика) на актив в СИМ;
- три, четири, пет мерен (3D/4D/5D) модел на градската среда или цифров модел на територията;
- цифрово представяне на реалната (физическата) среда, включително нейните динамични процеси и характеристики;
- (гео)пространствена информационна инфраструктура и др.

Технологията на ЦД е водеща в Индустрия 4.0. Изхождайки от казаното до тук, можем да обобщим, че в контекста на (гео)пространствения домейн ЦД представлява **процес, който има за цел да създаде цифров двойник (реплика), представляващ как обект, процес, явление или среда се държи в реалния (физическия) свят.** ЦД използват комплексни и сложни технологии като изкуствен интелект (AI) и машинно обучение (ML) с цел прогнозиране на нуждите чрез анализиране на данни/информация в реално време, което води до измерими положителни резултати – достъпност чрез очила за виртуална реалност (VR); съхраняване на данни, информация, анализи, симулации в облака; подобрена производителност; оптимизация на управлението на активи и др.

2.2. Какво осигуряват геодезията и геоинформационните технологии на парадигмите Строително информационно моделиране и Цифров двойник?

Геодезията осигурява на двете парадигми (СИМ и ЦД):

- методите и средствата за реализация и поддържане на двата типа координатни и височинни системи (геодезически референтни и инженерно-геодезически), в които се реализират (създават) двата модела. Това е една от основните задачи на геодезията като наука и научно-приложна дейност;
- методите за трансформация на координати и височини между двата типа координатни и височинни системи. Това също е една от основните задачи на геодезията като наука и научно-приложна дейност;
- вероятностно-статистическите методи за обработка, оценка и анализ на геодезическите измервания при набирането на данни за обекти, процеси и явления от територията (под, върху, над физическата земна повърхност). Това също е една от основните задачи на геодезията като наука и
- научно-приложна дейност.

Геоинформационните технологии осигуряват на двете парадигми (СИМ и ЦД):

- набирането на данни за обекти, процеси и явления от територията (под, върху, над физическата земна повърхност). Това е една от основните задачи и на двете парадигми;
- създаването и прилагането на цифрови модели за обекти, процеси и явления от територията (под, върху, над физическата земна повърхност). Това също е една от основните задачи и на двете парадигми;
- визуализацията и представянето (симулацията) на обекти, процеси и явления от територията (под, върху, над физическата земна повърхност) от цифрови модели на територията. Това също е една от основните задачи и на двете парадигми.

Обобщено, може да се каже, че геодезията и геоинформационните технологии осигуряват необходимото, достатъчното и реализиращите условия за прилагане на практика на парадигмите СИМ и ЦД.

2.3. Какво стои в основата на актуалните тенденции?

Според нас, в основата на актуалните тенденции на Индустрия 4.0, както и на нейното логическо продължение Индустрия 5.0, е n-мерното (nD) пространствено моделиране.

Какво трябва да се разбира под nD пространствено моделиране? – преход от преобладаващото за момента класическо (2D) към необходимото 5D пространствено моделиране (последователно през 3D и 4D пространствено моделиране).

3D пространственото моделиране се изразява посредством пространствено (топологично) структуриране и представяне. Например, коректно структурирани пространствени данни, описващи и представящи правата, ограниченията и отговорностите за недвижимите имоти – обект на кадастъра.

4D пространственото моделиране се изразява посредством пространствено (топологично) структуриране и представяне на 3D данни, интегрирани по отношение на компонентата време, т.е. интегрирани 4D пространствени данни. Например, за цялостно управление на динамиката в процесите на устройственото планиране и устройство на територията, времето трябва да се разглежда и поддържа като 4-та дименсия.

5D пространственото моделиране се изразява посредством пространствено (топологично) структурирани и представени 4D пространствени данни, интегрирани по отношение на компонентата мащаб (пространствен обхват при представяне и/или визуализиране), т.е. интегрирани 5D пространствени данни. Тук съответният мащаб трябва да се разглежда и поддържа като 5-та дименсия. Например, цифров модел на територията (ситуация, хидрография и релеф).

5D пространственото моделиране е свързано и с преосмислянето на класическите графични обекти, използвани по предназначение: точка, отсечка, свързани отсечки (полиния), равнина, площ, повърхнина и обем от гледната точка на референтната координатна и височинна система, както и поведението на графичните обекти във времеви аспект и/или конкретен контекст. Например: нека имаме пространствен обект, който в момент t_1 се идентифицира в пространствена база данни чрез определящите го точки в дадена координатна и височинна система. Вследствие на някаква промяна в момент t_2 този пространствен обект ще има нови координати и височини на определящите го точки, т.е. ще настъпи промяна в пространствената база данни. Тази промяна (като действие) трябва да може да бъде категоризирана по някакъв начин, например като:

- промяна в резултат на конкретна човешка намеса – например изменение вследствие на ремонтни дейности (регламентирани или не); и/или
- промяна в резултат на настъпило природно събитие (естествено или изкуствено създадено) – например деформация, следствие на движения (хоризонтални и/или вертикални) на земната кора или нежелана/извънредна деформация (авария/природно бедствие); и/или
- въведени грешни координати и/или височина – например в регистъра с координати и височини; и/или
- промяна в дефиниционната система от изходни данни – например при промяна в изходните данни (датум) на референтната координатна и височинна система.

Какво е необходимо за преминаване от 2D към 5D пространственото моделиране (последователно през 3D и 4D пространственото моделиране)?:

- валидиране и верификация на нови технологии и решения за набиране на данни за обекти от територията и на техни характеристики: въздушно, наземно и мобилно лазерно сканиране; безпилотни летателни системи; виртуална и добавена реалност и др.;
- позоваване на стандарти: тук се има предвид преминаване към позоваване на стандарти в нормативните актове, т.е. да има препращане към един или повече стандарти вместо включване на подробни предписания в самия нормативен акт;
- други аспекти, които подлежат на уточняване:
 - тип на позоваване на стандартите – безусловно (чрез нормативен акт) или незадължаващо (като средство за съответствие);
 - обхват на стандартите;
 - национален орган за стандартизация;
 - тип на стандартите;
 - възможна реализация;
 - процедури, свързани с инициране, поддържане, осъществяване на контрол, и т.н.

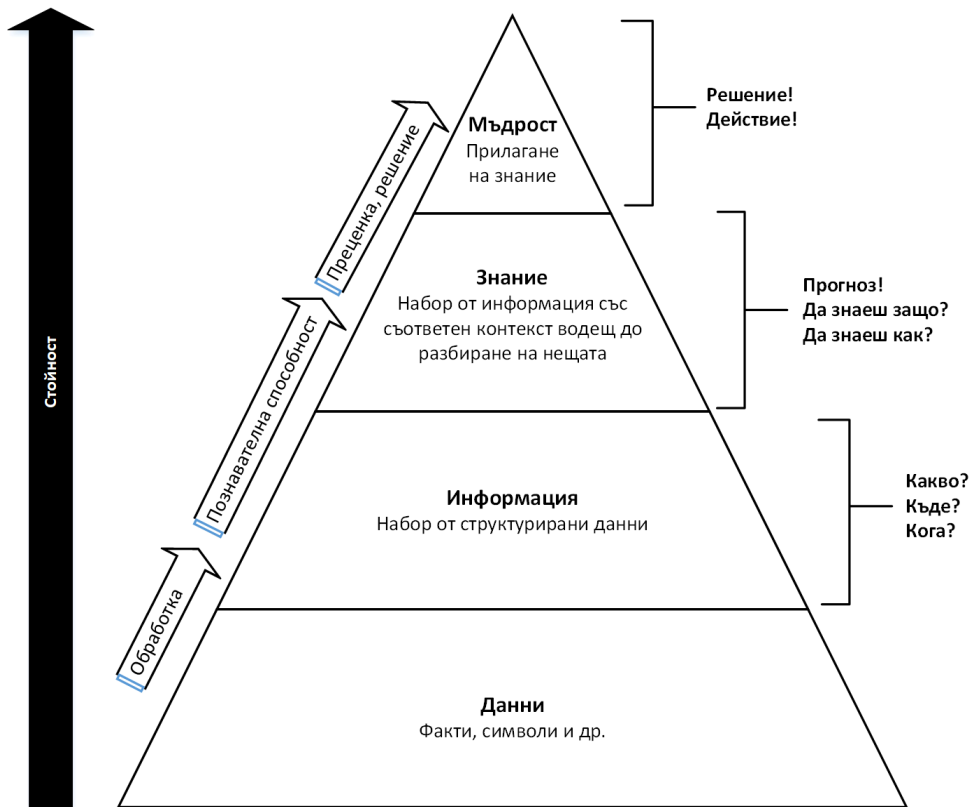
3. Инфраструктура за геопропространствени знания

Човечеството винаги е изпитвало необходимост от надеждни (актуални, точни, обективни и т.н.) данни за вселената, в която живеем и се развиваме като вид. Неслучайно водещите теории, които се занимават с „ипостаса материя“, т.е. това, което стои отдолу, което съставлява основата и което гарантира съществуването на нещата (по отношение на трите съставляващи го категория – вещество, енергия и информация), отчитат, че материята съставлява около 4 % от познатата ни вселена, като от останалите около 96 %, т. нар. „тъмна материя“ (недостъпна за наблюдение със съвременните методи) съставлява около 22 %, а т. нар. „тъмна енергия“ (без физическо обяснение за нейното естество) съставлява около 74 % от познатата ни вселена.

Горното (като твърдение), както и развитието на човечеството в контекста на Индустрия 4.0 предполага промяна в концептуално отношение (тук имаме предвид връзката и отношенията „човек – машина“) на смисъла, съдържанието и организацията на

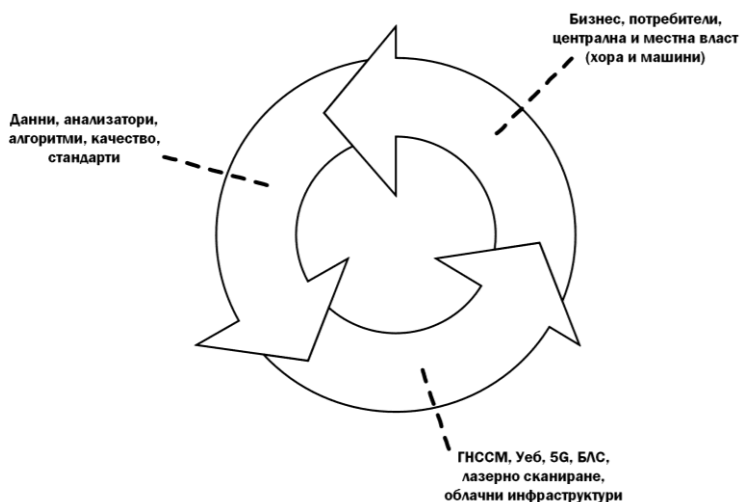
националните, секторните и корпоративните класически до момента инфраструктури за пространствени данни (политики, институционалните договорености, технологии, данни и хора). Това поражда необходимостта от нова парадигма в описания контекст, а именно – Инфраструктура за геопропространствени знания (ИГПЗ). Като основополагащ документ за ИГПЗ е документът „The power of where – a geospatial knowledge infrastructure to enhance the world economy, society and environment“ – [7].

ИГПЗ означава качествена промяна във веригата „Данни – Информация – Знания“, т.е. добавяне на нов елемент в тази верига, а именно „Мъдрост“ или прилагане на знанието. Фиг. 2 представя т. нар. „Пирамида на познанието“, която илюстрира новата верига между „Данни – Информация – Знания – Мъдрост“, както и въпросите и отговорите, които са характерни за всеки елемент от веригата (адаптирана по [7]).



Фиг. 2. Пирамида на познанието, илюстрираща връзката между данни, информация, знание и мъдрост

Без съмнение, може да се каже, че преминаването към ИГПЗ е следващата значима стъпка в ерата на Индустрия 4.0, която ще способства всички участници в тази екосистема (централна и местна власт, всички останали потребители на данни и услуги с пространствени данни, провайдъри на данни, разработчици на приложения и решения с пространствени данни) да осигурят устойчиви икономически, социални и екологични ползи за планетата Земя и нейните жители, като част от нововъзникващите цифрови екосистеми и инфраструктури за знания. Като взаимосвързан процес, ИГПЗ е представена на фиг. 2 (адаптирана по [7]):



Фиг. 3. Инфраструктура за геопространствени знания

4. Заключение

Само времето ще покаже дали представените по-горе разсъждения и предлагани промени имат еволюционен или революционен характер, но е крайно време да се приложат утвърдените добри световни практики и стандарти в технологичната област.

Всички, които дефинират и/или провеждат държавната политика в областта на геодезията и геоинформатиката, трябва да отчетат, че се намираме в епохата на Индустрия 4.0 (не в Индустрия 3.0) и вероятно много скоро предстои да навлезем в Индустрия 5.0!

След всичко казано дотук, трябва да се набележат и необходимите мерки, които да доведат до съответните конкретни действия, с цел утвърждаване на водещата роля, място и значение на инженерите по геодезия по представената по-горе проблематика.

ЛИТЕРАТУРА

1. <https://www.britannica.com/event/Industrial-Revolution>, posetena na 01.12.2022.
2. https://law.unimelb.edu.au/_data/assets/pdf_file/0005/3385454/Schwab-The-Fourth-Industrial-Revolution-Klaus-S.pdf, posetena na 01.12.2022.
3. https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/industrial-research-and-innovation/industry-50_en, posetena na 01.12.2022.
4. European Union, 2020, ISBN 978-92-76-22048-0, DOI: 10.2777/082634. European Commission, Directorate-General for Research and Innovation, Müller, J., Enabling Technologies for Industry 5.0: results of a workshop with Europe's technology leaders, Publications Office, 2020, <https://data.europa.eu/doi/10.2777/082634>.
5. <https://www.digitaltwinconsortium.org/>, posetena na 01.12.2022.
6. Concetta Semeraro, C., Lezoche1, M., Panetto, H., Dassisti, M. Digital Twin Paradigm: A Systematic Literature Review. Computers in Industry Volume 130, September 2021, 103469, Elsevier B. V., <https://doi.org/10.1016/j.compind.2021.103469>.
7. <https://geospatialmedia.net/pdf/GKI-White-Paper.pdf>, posetena na 01.12.2022.

GEODESY AND GEOINFORMATION TECHNOLOGIES IN THE ERA OF THE FOURTH INDUSTRIAL REVOLUTION

I. Kunchev¹

Keywords: industrial revolution, geoinformation technologies, building information modeling, digital twin, 5D modeling, geospatial knowledge infrastructure

ABSTRACT

Humanity has always felt the need for reliable data about the universe in which we live and evolve as a species. This paper aims to present the place, role and importance of Geodesy and Geo-Information Technology, as well as Graduated Surveyors in the era of the currently relevant fourth industrial revolution. Two paradigms (including definitions) currently relevant to the issues at hand are presented – Building Information Modeling and the Digital Twins. Considering the current era of the fourth industrial revolution, a new paradigm that will be relevant in the nearest future to the issue at hand – the Geospatial Knowledge Infrastructure, is also presented. The paper comprehensively points out what exactly the Geodesy and Geo-Information Technologies of the three paradigms provide (necessary, sufficient and realizing conditions), as well as the place, role and importance of 5-dimensional spatial modeling, the necessity of moving to reference standards in the regulations in the technological field, i.e. standardization, and other important aspects of this standardization that are subject to specification.

¹ Ivan Kunchev, Assoc. Prof. Dr. Eng., Dept. “Geodesy and Geoinformatics”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: ikunchev_fgs@uacg.bg