

УДК 001.891.3:165.21

DOI: 10.30840/2413-7065.2(67).2018.142214

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ОДИН ІЗ МЕТОДІВ НАУКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ У ГУМАНІТАРНИХ НАУКАХ

Олена РУЧКОorcid.org/0000-0001-8553-4615

науковий співробітник відділу філософії та геополітики НДІУ

Анотація. У статті аналізуються терміни «модель» як відображення реального об'єкта, «моделювання» як один із найбільш важливих методів здійснення аналітичного дослідження та «математичне моделювання» як вагомий міждисциплінарний інструментарій наукових досліджень. Наводиться детальна класифікація досліджуваних понять. З'ясовується роль математичного моделювання у гуманітаристиці загалом та у філософії зокрема. Значна увага приділяється історичним передумовам використання методу математичного моделювання у світовій гуманітаристиці. Досліджуються основні сфери застосування цього методу, зокрема його використання в економіці, політології, соціології, психології, освіті тощо. Окреслюються основні види моделей, які можна з успіхом застосовувати у гуманітарних дослідженнях: фундаментальні, структурні, генеративні, експлікативні і прогностичні. Також визначаються основні принципи математичного моделювання, дотримуючись яких можна одержати найбільш достовірний науковий результат. Окремо розглядаються види моделювання: агентно-орієнтоване, теоретико-ігрове, імітаційне, ситуаційне, схоластичне, моделювання ризиків. Аналізуються особливості використання методу математичного моделювання у філософії. Підкреслюється важливість його залучення у природничій та гуманітарній галузях, опираючись на філософські традиції. Зазначається підвищення інтересу світової наукової спільноти до здійснення гуманітарних досліджень з використанням сучасних технологій. Також з'ясовується, що застосування математичного моделювання у різноманітних галузях дослідження набирає неабиякої популярності серед вітчизняних науковців.

Ключові слова: модель; моделювання; математичне моделювання; гуманітаристика; філософія.

MATHEMATICAL MODELING AS ONE OF SCIENTIFIC RESEARCH METHODS IN THE HUMANITIES

Olena RUCHKO

research fellow of the Philosophy and Geopolitics Department of RIUS

Annotation. The article analyzes the terms “model” as a reflection of a real object; “modeling” as one of the most important analytical research methods; and “mathematical modeling” as a powerful interdisciplinary instrument for scientific research. It provides a detailed classification of the concepts analyzed. The role of mathematical modeling in humanitarian studies in general, and in philosophy in particular, is determined. Considerable attention is devoted to the historical preconditions of global use of the mathematical modeling method in the humanities. The main areas of application of this method, such as economics, political science, sociology, psychology, education, etc., are studied. The main types of models to be successfully applied in the humanitarian research, such as fundamental, structural, generative, explicative, and prognostic ones, are outlined. Also, the article determines basic

© Ручко О.

principles of mathematical modeling, which can lead to the most reliable scientific result. Such types of modeling as agent-oriented, theoretical game, simulation, situational, scholastic, and modeling of risks are separately analyzed. The specifics of using the method of mathematical modeling in philosophy are analyzed. The importance of its application to the natural and humanitarian spheres, based on philosophical traditions, is emphasized. The increasing interest of the world scientific community to carrying out humanitarian research with the use of modern technologies is observed. It also turns out that the application of mathematical modeling in various fields of research is gaining considerable popularity among home scientists.

Key words: model; modeling; mathematical modeling; humanities; philosophy.

Останнім часом гуманітарії у своїх наукових пошуках все частіше послуговуються методологією, запозиченою з точних наук. Оскільки це дає можливість поглянути на предмет дослідження під новим кутом зору, розширити реконструкційні, аналітичні та прогностичні можливості. Один із яскравих прикладів – метод математичного моделювання. Зважаючи на це, варто ознайомитися з ним детальніше, визначити його роль у гуманітаристиці загалом та філософії зокрема, а також з'ясувати актуальність використання цього методу на західних та українських теренах.

Математичне моделювання доволі давно і успішно використовується для дослідження різнорівневих економічних структур, аналізу та прогнозування гуманітарного розвитку як на макро-, так і на мікрорівнях. За його допомогою можна здійснювати не лише дослідження суспільних настроїв, а й керувати суспільними процесами як на рівні країни, так і її окремих регіонів.

Часто моделювання використовується у політології, що дає змогу отримати декілька можливих варіантів розвитку подій, обрати найоптимальніший, а також заздалегідь скорегувати можливі негативні наслідки від прийняття тих чи інших рішень, уникаючи моральних або матеріальних збитків. На Заході математичне моделювання у

політичних та соціологічних науках використовується давно і вдало. Воно стало невід'ємною частиною досліджень у цих галузях, без нього рідко відбувається аналіз політичних процесів, електорального поля та приймаються важливі ухвали й рішення.

Математичне моделювання також можна застосовувати у педагогіці, науково-освітній сфері, зокрема, для оцінювання діяльності ВНЗ та науково-дослідних установ, роботи викладачів і наукових співробітників, а також успішності студентів, створюючи рейтинги, тощо [3, с. 147–149]. Крім того, цей метод можна використати для оцінки діяльності кадрів, які очолюють наукові та освітні заклади, а також керують навчальною та дослідницькою діяльністю, оскільки рівень ефективності управління безпосередньо впливає на результат. Математичне моделювання дає можливість автоматизовано керувати навчальним процесом, враховуючи різноманітні зовнішні та внутрішні фактори, за допомогою моніторингів, що впливають на процес управління, виявляючи основні переваги та недоліки [21, с. 180–187].

Останнім часом математичне моделювання активно використовується у західній філософії, зокрема соціальній, з метою прогнозування суспільних процесів за допомогою створення моделей розвитку життєдіяльності окремих

індивідів, соціуму загалом або його елементів. Це питання висвітлювали М. Вебер, З. Бауман, Н. Луман, Д. Белл та інші вчені.

Важливо виражено підходити до тлумачення термінів «модель», «моделювання» та «математичне моделювання» у науковому пізнанні і чітко усвідомлювати різницю між ними, щоб запобігти неадекватному застосуванню і уникнути хибних висновків. Термін «модель» має дуже багато значень, дослідники використовують те чи інше визначення, інтерпретуючи його по-своєму, залежно від того, що вони вкладають у це поняття.

За різними даними, термін «модель» вперше увійшов у науковий обіг наприкінці XIX ст., філософи почали використовувати його у своїх працях у першій половині XX ст. Хоча поодинокі спроби застосування математичних методів у гуманітарних науках, зокрема філософії, фіксуються значно раніше.

Звернемося до загальноновизнаних формулювань терміна. Оксфордський словник тлумачить «модель» як «спрощений опис, особливо математичний, системи або процесу, створений, щоб допомогти розрахункам і прогнозам» [43]. Кембриджський словник пояснює цей термін як «дещо, що являє собою іншу річ, або як фізичний об'єкт, який зазвичай менший, ніж реальний, або як звичайний опис, який може бути використаний при розрахунках» [46]. У словниках Меріем-Уебстер зустрічаємо таке визначення: «... система постулатів, даних та висновків, представлених у вигляді математичного опису сутності або стану справ» [44]. Цікавим для нас є тлумачення Філософського енциклопедичного словника: «модель: у загальному розумінні – як аналог (графік, схема,

знакова система, структура) певного об'єкта (оригіналу), фрагмента реальності, артефактів, витворів культури, концептуально-теоретичних утворень тощо; з гносеологічної точки зору – як заміник, представник оригіналу у пізнанні, що завдяки ізоморфізму або гомоморфізму знання екстраполюється на оригінал і широко використовується в багатьох науках у різних значеннях; у значенні методу моделювання – предметна, знакова чи мислена (уявна) система, що відтворює, імітує або відображає якісь визначальні характеристики» [17, с. 391].

Н. Мусулідес, Б. Шріраман і Р. Леш визначають моделі у математиці та науці як концептуальні системи, що розробляються для розуміння власних експериментів, тобто коли знайомі системи використовуються для розуміння окремих менш знайомих систем з певною метою [48]. Просто і лаконічно пояснює термін Ш. Хенсон, стверджуючи, що хороша модель – це доступний макет, який фіксує основні моменти системи, залишаючись набагато простішим, ніж оригінал [37]. Н. Кугай і Є. Борисов дають визначення терміна «модель» як одного з «центральної і складних понять теорії пізнання, оскільки воно опирається на філософські поняття: відображення, істина, подібність, відмінність, правдоподібність, аналогія тощо» [15, с. 39].

Український філософ А. Уйомов зазначає, що іноді термін «модель» використовується як синонім «теорії». Зазвичай це відбувається, коли дослідник хоче показати, що «теорія виконує функції моделі не лише щодо іншої теорії, а й щодо дійсності, яку вона відображає» [29, с. 13]. І. Осадчий взагалі називає теорію найвищим рівнем моделювання [20, с. 64].

Отже, модель – це певне відтворення (умовне, образне або матеріальне) справжнього об'єкта, можливостей його існування або діяльності у певному середовищі. Моделі допомагають вивчити окремі особливості, притаманні досліджуваному явищу, відобразити його характеристики, спрогнозувати поведінку. Математична модель створюється за допомогою різноманітних математичних засобів. Цей процес відомий як математичне моделювання.

Таким чином, безпосереднє відношення до терміна «модель» має термін «**моделювання**». Оксфордський словник визначає його як «розробку або використання абстрактних чи математичних моделей» [45]. Н. Мусулідес, Б. Шпіраман і Р. Леш стверджують, що в математиці та науці моделювання – це перш за все цілеспрямований опис, пояснення або концептуалізація (кількісна оцінка, розмірність, координування або взагалі математизація), хоча також включає процеси обчислення та дедукції [48]. Ю. Фландерс та Ф. Янідіс трактують «моделювання» дещо інакше: проектування моделі певного реального (або вигаданого) світового сегмента з врахуванням специфічного і конкретного набору вимог користувача, який використовує одну або декілька доступних метамоделей для створення окремих аспектів обчислюваних даних та забезпечення обмежень узгодженості [33].

О. Балабан зазначає, що моделі у гуманітарних науках, які у даному випадку відображають абстрактну схему окремого фрагмента або явища дійсності, є чимось на кшталт ідеальних конструкцій реальних об'єктів дослідження, що дають можливість краще зрозуміти сам об'єкт. Тоді як «моделювання виступає

як метод уявлення об'єкта, явища або процесу і як метод верифікації» [1].

Загалом моделювання – один із найважливіших способів здійснення аналітичного дослідження та розв'язання поставлених завдань за допомогою спеціальних принципів, що допомагають більш просто відобразити складні процеси та явища не експериментальним способом, а завдяки перенесенню їхніх характеристик на модель.

Зважаючи на це, варто виокремити базові **принципи математичного моделювання**: відповідність оригіналу, екстраполяційність та верифікація. Для отримання достовірного результату необхідно здійснити такі кроки:

- правильно сформулювати завдання;
- визначитися з різновидом моделі;
- зібрати необхідний емпіричний матеріал;
- виокремити основні дані, що допоможуть досягнути поставленої мети;
- сформулювати об'єкт та предмет моделювання;
- формалізувати гіпотези;
- проаналізувати та узагальнити інформацію;
- виокремити ключові терміни і поняття та угрупувати їх, враховуючи спільні характерні ознаки, виявити структурний взаємозв'язок між ними;
- відобразити результати роботи у наочній формі (знаки, символи, таблиці, графіки, образи тощо);
- провести дослідження з використанням математичних методів;
- проаналізувати моделі та їхні властивості;
- створити альтернативні сценарії, експерименти;
- проаналізувати, відкоригувати та доопрацювати отримані результати;

• інтерпретувати результати моделювання.

Математичне моделювання – це міждисциплінарний інструмент наукових досліджень, яким спочатку послуговувалися природничі науки, а згодом його почали застосовувати і гуманітарні. Щоб краще зрозуміти суть та можливості цього методу, зробимо невеличкий історичний екскурс та прослідкуємо його появу, розповсюдження й розвиток.

Першу кількісну модель економіки створив Ф. Кене ще у першій половині XVIII ст., у XIX ст. його справу продовжили В. Леон, П. Вільфредо, а в XX ст. помітний внесок зробили Р. Фішер та Р. Фріш. У середині XX ст. моделі почали масово застосовувати для опису різних об'єктів за допомогою математики та її методів.

Математичне моделювання у політології набуло популярності у першій половині XX ст., одним із перших цей метод почав використовувати Л. Річардсон. Згодом математичний підхід у політичних наукових працях здобув широке визнання. Невдовзі він зацікавив соціологів, фахівців з військової справи, а дещо пізніше – філософів.

Дж. фон Нейман і Дж. Данціг стали засновниками теорії ігор та лінійного програмування, які згодом почали застосовувати в економіці та політології. Взагалі для математичного моделювання властива міждисциплінарність і перехід моделей від однієї наукової галузі до іншої. Так, відомі епідеміологи та біохіміки з Шотландії У. Кермак (1898–1970) і А. МакКендрік (1876–1943) вперше запропонували використати математичну модель у першій половині XX ст. для дослідження, аналізу і прогнозування інфекції у закритій популяції [39]. З

розвитком медіапростору, поширенням комунікаційних та інтернет-технологій у суспільному житті цю модель почали застосовувати для вивчення інформаційного впливу на окремі замкнені соціальні групи. Це дало можливість аналізувати та прогнозувати поведінку окремих індивідів і груп, а також вплив на них різнобічних факторів [8, с. 37, 41]. Справжнім пропагандистом з використання математичного моделювання у різних сферах у середині XX ст. став Г. Поллак.

Упродовж XX ст. моделювання майже не використовувалося у філософії, вся увага дослідників зосереджувалася на вивченні природи наукових теорій і законів. Все ж окремі філософи зверталися до цієї теми – М. Гессе, М. Редхед, У. Вімсат [40]. Не стояли осторонь й українські вчені – А. Уйюмов зацікавився моделюванням ще на початку 1970-х років.

Останнім часом дедалі популярнішим на Заході стає дослідження гуманітаристики загалом та історії зокрема за допомогою сучасних технологій: Інтернету, програмного забезпечення, комп'ютерних інформаційних технологій. Ці підходи отримали назви «цифрова гуманітаристика» (С. Хокей, М. Талер) і «цифрова історія» (Д. Кохен, Р. Розенцвейг). Спочатку у межах цих досліджень використовували всі можливості та переваги персональних комп'ютерів для роботи з текстами, їх оцифруванням та упорядкуванням, а згодом почали застосовувати різноманітні методи математичного моделювання для реконструкції (історія) та прогнозування (політологія, соціологія тощо) різноманітних процесів та явищ.

П. Фішвік наголошує на зростанні ролі використання цифрових технологій

в американських навчальних закладах гуманітарного спрямування. Цифрові інструменти не лише викликають зацікавлення серед учнів та потенційних абітурієнтів, а й сприяють новому способу мислення, що стає можливим завдяки використанню математичних методів [32]. Так, Ю. Фландерс та Ф. Янідіс зазначають, що більшість дослідників цифрових гуманітарних наук вважають, що моделювання даних є насамперед конструктивним і творчим процесом [33].

А. Цюла та Х. Ейд також пропонують сприймати моделювання як творчий процес задля отримання нового знання (сенсу) про матеріальні та нематеріальні об'єкти, а також маніпулювання зовнішніми уявленнями про них для розуміння концептуальних об'єктів та явищ. Вчені вважають, що моделювання у цифрових гуманітарних науках потрібно використовувати як евристичну стратегію, застосовуючи семіотичний підхід як найбільш відповідний для гуманітарних запитів [30].

Дж. Кемні та Дж. Снелл стверджують, що будь-яка теорія частково є здогадкою, але точно сформульовану теорію можна проаналізувати за допомогою математичних та логічних інструментів, що дають можливість зробити певні висновки та прорахувати різноманітні наслідки її застосування. Математичне моделювання допоможе переконатися у достовірності теорії, спростувати її або відкоригувати. Автори відзначають користь математичних методів дослідження для різних галузей знань [38, с. 3–8]. А. Уйомов також вважає, що успішне використання математичного моделювання можливе у різноманітних гуманітарних дослідженнях, оскільки створена за допомогою цього методу модель може

належати до однієї науки, а предмет, який досліджується за її допомогою, – до іншої [29, с. 3–7]. М. Костицький також акцентує увагу на необхідності застосування математичного моделювання і математичної методології в науковому пізнанні, насамперед психології, але зауважує, що використовувати лише їх недостатньо [13, с. 4–5, 9].

Подібний підхід підтримується багатьма науковцями. Нещодавно у США на загальнодержавному рівні прийнято документ, що стандартизує викладання математики. У ньому йдеться про необхідність надати студентам можливість вивчати математичне моделювання. Й. Малкевич акцентує на важливості такого рішення, оскільки питання дослідження буття людства потребують математичного моделювання. На його думку, саме за допомогою математичного інструментарію можна відтворити спрощену версію реального світу, а математичні моделі допоможуть вирішити реальні проблеми. Так, за проведення досліджень на основі математичних моделей Р. Солоу отримав Нобелівську премію за внесок в економічну теорію, а К. Арро – за дослідження у сфері політології.

Й. Малкевич вважає, що математичне моделювання має застосовуватися у різних наукових дисциплінах, у т. ч. гуманітарних, але застерігає, щоб отримати достовірні результати і не дискредитувати цей інструмент дослідження, користуватися ним мають виключно фахівці. Зокрема, варто уважно підходити до вибору математичної моделі у кожному конкретному випадку, оскільки якщо вона вдало працює в одній науковій сфері, не факт, що повторить цей успіх в іншій [41].

В українських технічних ВНЗ останнім часом також стає популярним підхід до математики як універсальної наукової мови, що дасть змогу взаємодіяти з іншими дисциплінами за допомогою математичного та комп'ютерного моделювання. Акцентується увага на необхідності застосування математичних методів у різних сферах людського буття, зокрема у гуманітарній [2, с. 8–9]. Отже, у всьому світі гуманітарії все частіше звертаються до інформаційних технологій, оскільки це допомагає їм досягати певних професійних чи наукових результатів.

Моделі, які застосовуються у гуманітаристиці, мають певні відмінності від тих, що використовуються у точних науках, тому що вони так чи інакше пов'язані з діяльністю окремих індивідів або соціальних груп. Зокрема, моделювання вважається одним із найбільш перспективних методів прогнозування розвитку гуманітарної політики. Проте оскільки немає повної єдності й узгодженості у визначенні терміна «модель», так само не існує єдиної думки щодо **класифікації**. Вчені з різних галузей підходять до цього питання по-своєму. Так, К. Кларк і Д. Прімо виокремлюють такі основні **види моделей**: фундаментальні, структурні, генеративні, експлікативні і прогностичні [31]. А. Уйомов, вважаючи, що моделі є аналогами власних прототипів, а перенесення інформації з моделі на прототип буде висновком по аналогії, виводить класифікацію висновків по аналогії, поділяючи їх на три типи: реальні, атрибутивні та релятивні [29, с. 54, 75–76]. Залежно від способу представлення Т. Сааті поділяє моделі на три класи: описові та імовірнісні, представлені у формі нерівностей або рівнянь, а також нормативні – представлені

у формі диференціальних, алгебраїчних або інтегральних виразів [26]. Щодо моделювання як методу наукового дослідження В. Дзоз стверджує, що у гуманітаристиці окремо або комбіновано мають використовуватися такі види: концептуальне, структурно-функціональне, математичне (логіко-математичне), імітаційне, комп'ютерне [6].

Що стосується прикладного моделювання, то переважно використовуються такі моделі: змістовні, динамічні, імітаційні, ігрові. Зараз їх застосовують в основному у політології та економіці, але вони не створювалися спеціально для цих наук, а були запозичені з природничої галузі (математики, хімії, біології, фізики та ін.). Згодом науковці з гуманітарної сфери (насамперед політологи і соціологи) адаптували наявні напрацювання до нових умов, використовуючи міждисциплінарні студії для побудови складних наукових теорій у суспільно-політичній сфері.

Розглянемо основні **види моделювання**, що застосовуються у гуманітаристиці. Агентно-орієнтоване моделювання (АОМ) дає можливість створити за допомогою комп'ютерних технологій симуляцію реального світу, а потім проаналізувати різноманітні змінні та причинно-наслідкові зв'язки між ними і відтворити наслідки певних сценаріїв розвитку. Нобелівський лауреат Т. Шеллінг вперше почав застосовувати АОМ у соціальних системах наприкінці 1970-х років [50], широкого вжитку воно набуло у 1990-х роках, хоча підхід був розроблений ще наприкінці 1940-х років. Насамперед це пов'язано з розвитком технологій і зростанням обчислювальних потужностей. Цей вид математичного моделювання характеризується

дослідженням діяльності мікродинаміки агентів, нелінійністю, ендогенністю, неоднорідністю, невизначеністю та самоорганізацією. Завдяки агентно-орієнтованому моделюванню можна отримати як емпіричне, так і нормативне знання [19, с. 41–49].

Теоретико-ігрове моделювання використовується насамперед для аналізу та прогнозування соціальних, економічних та політичних процесів. У даному випадку створюється інформаційна модель, що замінює процес або об'єкт його описом. Широке застосування у практичних соціально-психологічних та економіко-кримінологічних дослідженнях допомагає не лише виявити першопричини виникнення проблемних ситуацій, а й розробити алгоритм боротьби з ними та їхніми наслідками [9, с. 101–102, 113].

Формалістична природа моделі дозволяє здійснювати синтез, враховуючи її закономірності. Так, для досягнення мети можна застосовувати імітаційне моделювання, яке дає змогу отримати достовірні результати, використовуючи спрощений варіант проведення дослідження. Цей різновид моделювання виконується в межах методу Монте-Карло (статистичних випробувань). Завдяки імітаційному моделюванню можна дослідити значну кількість альтернатив. Дж. Форестер, професор Масачусетського технологічного університету, вперше використав цей підхід ще в 1960-х роках, застосовуючи його до економічної поведінки промислових підприємств [34].

Ситуаційне моделювання здійснюється за допомогою відтворення окремих ситуацій. Його часто застосовують у політології, соціології, військовій сфері

тощо для здійснення оперативного прогнозування [28, с. 105].

Ще один різновид моделювання – схоластичне – має допоміжний характер і допомагає проаналізувати вірогідні події й процеси завдяки опосередкованим факторам. Модель будується на основі емпіричної бази даних, яка формується за рахунок збігів характеристик зв'язків, розглянутих під різними кутами зору. Для отримання найвірогідніших результатів застосовуються дворівневі лінійні моделі, де на першому етапі приймається певне рішення, а на другому – здійснюється його коригування і пропонуються варіанти уникнення небажаних наслідків [27, с. 109–111].

Крім того, для досліджень у гуманітарній сфері можна застосовувати моделювання ризиків за допомогою нечіткої логіки, що дасть можливість прорахувати окремі типи ризиків і з'ясувати можливі загрози, а також виявити ймовірні негативні наслідки від суб'єктивних суджень. Цей метод ґрунтується на теоретичній постановці завдання з подальшим моделюванням, дозволяючи використовувати широкий комплекс якісних та кількісних підходів. Він доволі ефективний при наявності прогалин в емпіричному матеріалі, використанні оцінок експертів і аналітиків, існуванні недостатніх або некоректних даних [7, с. 63, 66].

Для досягнення найвірогідніших результатів варто користуватися персональними електронно-обчислювальними машинами, що допомагає моделювати випадкові послідовності завдяки використанню спеціальних алгоритмів. Цей спосіб застосовується як для звичайних нескладних математичних моделей, так і для комплексних тривимірних,

що вказує на складність алгоритмів та правил, а також враховує значну кількість параметрів [14, с. 10]. Комп'ютерне моделювання однаково вдало використовується у природничій і гуманітарній сферах (у т. ч. психології та філософії) завдяки легкій адаптації до предметної галузі дослідження за допомогою логічного аналізу.

Сучасні гуманітарні науки у своїх дослідженнях послуговуються двома основними підходами – традиційним, що опирається переважно на емпіричні дані, та математичним, що допомагає отримати достовірніші результати внаслідок заміни суб'єктивних оцінок та суджень, які застосовуються до досліджуваного об'єкта, на кількісні характеристики.

На даний момент не існує загальноприйнятих методів для створення моделей у гуманітарній галузі, вони відрізняються залежно від сфери дослідження. Так, для *моделювання у філософії* насамперед важливе розуміння сутності того чи того явища, а вже потім знання математики. Тому для досліджень у гуманітаристиці частіше використовують не фізичні (матеріальні), а теоретичні (світоглядні) моделі.

Б. Доунден зазначає, що філософи завжди приділяли більше уваги моделям, які починаються з окремих даних, а не теорій. Зокрема, у філософії науки моделі відігравали основну роль у розумінні наукових теорій. Семантичний погляд використовує теоретико-модельну мову математичної логіки, коли у широкому розумінні теорія стає сукупністю моделей, а кордони між ними зникають [47].

Ш. Хенсон слушно зауважує, що математичні аргументи абсолютно беззаперечні, наукові – досить переконливі, а

аргументи в гуманітарних науках – відносно малоконкурентні. Проте сама по собі математика не може вирішувати питання реальності, наука загалом може вирішувати лише окремі з них, а гуманітаристика здатна впоратися з більшістю, враховуючи питання сенсу. Вчений вважає, що всі дисципліни шукають істину та реальність за допомогою різних методів пізнання, та наголошує на важливості міждисциплінарних досліджень [37].

Р. Фріг і С. Хартман відзначають величезне різноманіття типів моделей у філософській літературі: феноменологічні, евристичні, дидактичні, теоретичні, аналогові, уявні, формальні, інструментальні, обчислювальні, математичні, тестові, знакові, ідеалізовані, масштабні, карикатурні, збіднілі, фантазійні, іграшкові, а також моделі розвитку, пояснень, заміни тощо. Цей далеко не повний перелік класифікацій моделей обумовлений підвищеною увагою до них філософів, які вивчають різноманітні ролі моделей у науковій практиці. Залежно від питань, які порушують ті чи інші моделі, вчені класифікують їх таким чином: 1) у семантиці – пояснюють, які репрезентативні функції вони виконують: моделі явищ (масштабні, ідеалізовані, аналогові, феноменологічні), моделі даних, моделі теорії; 2) в онтології – характеризують моделі: фізичні об'єкти (матеріальні), вигадані об'єкти (філософські погляди), теоретичні структури, описи, рівняння, фальсифіковані онтології; 3) в епістемології – пояснюють, що ми вивчаємо з моделями: допомагають перетворити знання про модель у знання про об'єкт за допомогою експериментів, мислення, математичного та комп'ютерного моделювання [35].

Математичне моделювання у гуманітарній сфері має прихильників та противників, які, відповідно, акцентують увагу на позитивних та негативних моментах використання методики. П. Годфрі-Сміт вважає застосування цього методу цілком обґрунтованим, якщо він застосовується до матеріальних об'єктів, але доволі скептично ставиться до його використання у дослідженнях у гуманітарній сфері загалом і у філософії зокрема [36, с. 10–12]. Натомість Р. Вінзер вважає, що філософія може пролити світло на математичне моделювання, зіставляючи його з емпіричними даними. Він стверджує, що математичне моделювання у природничій та гуманітарній галузях можна здійснювати за допомогою філософських традицій структури наукової теорії – синтаксичних, семантичних та прагматичних [51]. Д. Пітті впевнений, що моделювання само по собі включає філософські проблеми – метафізичні, гносеологічні та етичні [49].

О. Овчарук підкреслює, що «інтуїтивно-логічний підхід представників гуманітарних наук протиставляється аналітико-прогностичному підходу, базованому на методах, запозичених з точних наук». У дослідженні питання осмислення людини як феномена, проблеми художнього образу, культури особистості, якими займаються філософія, психологія, соціологія, етнопсихологія, література, мистецтвознавство, естетика, культурологія та інші гуманітарні галузі, науковці застосовують методологічний інструментарій та наукові підходи цих наук, а також психоаналітичної методології як універсальної для усієї гуманітаристики та методи моделювання [18, с. 36, 38–39].

П. Манкосу, прихильник використання математичних методів у філософії, вважає, що математичні пояснення емпіричних фактів ще недостатньо вивчені та потребують більш детальних тематичних досліджень. Дослідник впевнений, що математичні моделі стають дедалі важливішим інструментом у філософії, знаходячи застосування у її різних сферах, зокрема у філософії мови, філософії розуму, політичній філософії та соціальній гносеології, допомагаючи проводити складні мисленнєві експерименти та сприяючи глибшому дослідженню світу та людини [42].

Застосування математичного моделювання у різноманітних галузях дослідження набирає неабиякої популярності в Україні. Насамперед це стосується економіки, де подібна методика застосовується дуже широко (комерційні установи, банківський сектор, державне управління), діють кафедри при ВНЗ, працюють науково-дослідні центри, виходять спеціалізовані фахові видання. Але поступово під впливом західноєвропейських та американських науковців подібні тенденції переносяться на гуманітарні дослідження.

Українські гуманітарії останнім часом часто звертаються до математичного моделювання. Зокрема, К. Ключев за його допомогою вивчає сучасні політичні конфлікти [10, с. 19–21], І. Півончук аналізує міжнародні політичні процеси [22], С. Денисюк застосовує в контексті гуманітарної освіти [4], С. Полумієнко – у соціології [23], наукова школа проф. В. Корнієнка досліджує політичні процеси за допомогою теорії ігор [11; 12], М. Польовий вивчає методологічні аспекти моделювання [24]. Робляться навіть спроби концептуальних розвідок

на тему математичного моделювання – Н. Кугай, Є. Борисов [15], І. Кульчицький [16], С. Денисюк [5, с. 56, 60]. В. Прісняков та Л. Пріснякова пропонують застосовувати математичне моделювання у філософії, соціології, психології та політології з метою боротьби з гуманітарними катастрофами, які все частіше виникають у наш час, а також проводити кількісне оцінювання освітніх процесів серед учнів, студентів, учителів та викладачів [25].

Отже, математичне моделювання – загальноприйнятий універсальний метод наукового дослідження об'єктів реального світу. Проте у філософії широко застосовувати його почали відносно недавно навіть на Заході, а для України – це переважно нова і майже недосліджена сфера, що свідчить про необхідність розробки методології та інструментарію для здійснення якісних наукових розвідок.

Таким чином, моделювання потребує концептуальних досліджень, що виправдовує залучення гуманітаріїв до математичних студій, зокрема аналізу теоретичних (класифікація, типологізація тощо) і практичних методологічних аспектів. Оскільки через відсутність уніфікованої методологічної бази різні моделі одного і того ж об'єкта можуть показати відмінні, навіть протилежні результати.

Незважаючи на досить високий інтерес філософів до математичного моделювання, що спостерігається останнім часом, щоб повністю зрозуміти, як діє цей метод, необхідно ще багато працювати у цьому напрямку, оскільки завдяки йому можна отримати детально проаналізований, науково обґрунтований і достовірно прогнозований науковий результат.

ЛІТЕРАТУРА

1. Балабан О. Когнітивне моделювання як метод пізнання когнітивно-семантичних універсалій. URL: http://www.trypillia.com/index.php?option=com_content&view=article&id=113:nataliia-burdo-discovering-the-sacred-world-of-trypillians-vikentii-khvoika-&catid=54:archaeology&Itemid=66
2. Бахтіна Г. П. Компетентністний підхід у викладанні вищої математики в технічному університеті. *Наукові записки*. 2016. Вип. 10. С. 8–15.
3. Вітлінський В. В. Рейтингове моделювання в оцінюванні діяльності науково-педагогічних працівників ВНЗ. *Моделювання та інформаційні системи в економіці*: зб. наук. пр. Київ: КНЕУ, 2013. Вип. 89. С. 146–159.
4. Денисюк С. Г. Математичне моделювання в політології в контексті гуманітарної освіти. *Гуманізм та освіта*: матер. Міжн. наук.-практ. конф. URL: <http://conf.vntu.edu.ua/humed/2008/txt/denisyuk.php>
5. Денисюк С. Г. Математичне моделювання як метод дослідження політичних процесів. *Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Серія 22. Політичні науки та методика викладання соціально-політичних дисциплін*: зб. наукових праць. Київ: Вид-во НПУ імені М. П. Драгоманова, 2009. Вип. 1. С. 56–61.
6. Дзоз В. О. Екстраполяція, експертна оцінка та моделювання в системі прогнозування розвитку гуманітарної політики України в трансформаційний період. *Вісник Національного технічного університету «КПІ». Філософія. Психологія. Педагогіка*. 2005. № 2 (14). С. 125–133.
7. Дранишников Л. В. Оцінка зовнішнього ризику за допомогою нечіткої логіки. *Математичне моделювання*. 2017. № 2. С. 63–66.
8. Зиновьев И. В., Манько Н. И., Спица И. А. Построение математической модели поведения социальной группы на основе медико-биологической SIR-модели распространения эпидемии. *Вісник Запорізького*

національного університету. *Фізико-математичні науки*. 2013. № 2. С. 36–41.

9. Киселев В. И. Проблемы моделирования теневой экономики на примере нелегального оборота психоактивных веществ. *Математичне моделювання в економіці*. 2016. № 1. С. 100–115.

10. Ключев К. Г. Математичне моделювання як ефективний метод дослідження політичних процесів. *Політичне життя*. 2016. № 1–2. С. 19–23.

11. Корнієнко В.О., Денисюк С.Г., Шиян А.А. Математичне моделювання технологій майбутніх президентських виборів в Україні: методологічні основи та вплив існуючого розкладу сил. *Політологічний вісник*. Зб. наук. праць. Київ: ІНТАС, 2008. Вип. 31. С. 211–221.

12. Корнієнко В. О., Шиян А. А., Денисюк С. Г. Моделювання фінансових механізмів лобювання в умовах «критичності» за кількістю депутатів у прийнятті рішень. *Політологічний вісник*. Зб. наук. праць. Київ: ІНТАС, 2007. Вип. 29. С. 110–117.

13. Костицький М. В. Про математику як методологію пізнання (зокрема, в психології). *Юридична психологія та педагогіка*. 2014. № 1. С. 3–9.

14. Красніков К. С. Комп'ютерні технології швидкого обчислення математичних моделей. *Математичне моделювання*. 2017. № 2. С. 10–13.

15. Кугай Н. В., Борисов Є. М. Методологічні аспекти математичного моделювання. *Science and Education a New Dimension. Pedagogy and Psychology*. 2015. № III (19). Iss.: 38. Pp. 39–42.

16. Кульчицький І. М. Концептуалізація понять «модель» та «моделювання» у наукових дослідженнях. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*. Серія Інформаційні системи та мережі: збірник наукових праць. 2015. № 829. С. 273–284.

17. Мороз О. Модель. Філософський енциклопедичний словник: довідкове видання. Київ: Вид-во гуманітарної літератури «Абрис», 2002. 742 с.

18. Овчарук О. В. Моделювання як методологічний чинник формування образу людини. *Культура і сучасність*. 2014. № 1. С. 36–41.

19. Омелянчик Д. А. Агентно-орієнтовані моделі обчислювальної економіки: особливості, переваги і недоліки. *Математичне моделювання в економіці*. 2015. Вип. 1. С. 41–52.

20. Осадчий І. Г. Педагогічне моделювання: що важливо знати педагогу? *Народна освіта*. 2016. Вип. 1. С. 60–68.

21. Петренко Л. М., Супрунюк Г. М. Оптимізація управління учбовим процесом у вузі. *Моделювання та інформаційні системи в економіці*: зб. наук. пр. Київ: КНЕУ, 2014. № 90. С. 180–188.

22. Півончук І. Використання прикладного моделювання під час аналізу міжнародних політичних процесів. URL: <http://nato.ru.if.ua/journal/2009/2009-24.pdf>

23. Полумієнко С. К. Деякі аспекти моделювання сталого соціального розвитку. *Математичне моделювання в економіці*. 2014. Вип. 1. С. 63–71.

24. Польовий М. Методологічні аспекти побудови моделей політичних процесів. *Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету. Історія. Філософія. Політологія*. 2011. № 2. С. 83–88.

25. Прісняков В., Пріснякова Л. Математичне моделювання гуманітарних наук методами теорії катастроф. *Психологія і суспільство*. 2006. № 1 (23). С. 27–46.

26. Саати Т. Л. Математические модели конфликтных ситуаций. Москва: Сов. радио, 1977. 302 с.

27. Скрипниченко В. В. Моделювання фінансово-економічних страхових ризиків. *Математичне моделювання в економіці*. 2013. Вип. 1. С. 109–115.

28. Стефанишин Д. В. Екстраполяційне прогнозування за даними рядів динаміки з використанням ситуаційних та індуктивних моделей. *Математичне моделювання в економіці*. 2016. № 2. С. 98–106.

29. Уёмов А. И. Логические основы метода моделирования. Москва: Мысль, 1971. 311 с.
30. Ciula A., Eide Ø. Modelling in digital humanities: Signs in context. *Digital Scholarship in the Humanities*. 2017. Vol. 32. Iss. 1. Pp. i33–i46.
31. Clarke K. A., Primo D. M. Modernizing Political Science: A Model-Based Approach. URL: <https://doi.org/10.1017/S1537592707072192>
32. Fishwick P. How Mathematics is Redefining the Humanities. *Medium*. 2017. URL: <https://medium.com/creative-automata/how-mathematics-is-redefining-the-humanities-f603805d6938>
33. Flanders J., Jannidis F. Knowledge Organization and Data Modeling in the Humanities. URL: http://www.wwp.northeastern.edu/outreach/conference/kodm2012/flanders_jannidis_datamodeling.pdf Pid: urn:nbn:de:bvb:20-opus-111270
34. Forrester J.Wr. Industrial dynamics. Cambridge, Mass.: M.I.T. Press, 1961. 464 p.
35. Frigg R., Hartmann St. Models in Science. *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. 2006. URL: <https://plato.stanford.edu/archives/sum2018/entries/models-science/>
36. Godfrey-Smith P. Models and fictions in science. *Philosophical Studies*. 2009. № 1. Pp. 101–116.
37. Henson SH. M. Why Mathematics, Science, and Humanities (including Religion) Don't Have a Quarrel. *Spectrum*. 2009. URL: <https://spectrummagazine.org/node/1722>
38. Kemeny J. G., Snell J. L. Mathematical models in the social sciences. Cambridge, Mass.; London: MIT Press, 1978. 145 p.
39. Kermack W. O., McKendrick A. G. A Contribution to the Mathematical Theory of Epidemics. URL: doi:10.1098/rspa.1927.0118
40. Koperski J. Models. *The Internet Encyclopedia of Philosophy*. URL: <https://www.iep.utm.edu/models/>
41. Malkevitch J. Mathematical Modeling. URL: <http://www.ams.org/publicoutreach/feature-column/fc-2012-09>
42. Mancosu P. Explanation in Mathematics. URL: <https://stanford.library.sydney.edu.au/archives/spr2011/entries/mathematics-explanation/>
43. Model. *English Oxford Living Dictionaries*. URL: <https://en.oxforddictionaries.com/definition/model>
44. Model. *Merriam-Webster Online Dictionary*. URL: <https://www.merriam-webster.com/dictionary/model>
45. Modelling. *English Oxford Living Dictionaries*. URL: <https://en.oxforddictionaries.com/definition/modelling>
46. Models. *Cambridge Dictionary*. URL: <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/model?q=models>
47. Models. *The Internet Encyclopedia of Philosophy*. URL: <https://www.iep.utm.edu/models/>
48. Mousoulides N., Sriraman Bh., Lesh R. The Philosophy and Practicality of Modeling Involving Complex Systems. *Philosophy of Mathematics Education Journal*. 2008. № 23. URL: <https://philpapers.org/rec/MOUTPA-3>
49. Pitti D. Modeling: Perspectives, Objectives, and Context. URL: <https://datasymposium.wordpress.com/2012/03/13/featured-abstract-march-13-3>
50. Schelling Th. C. Micromotives and macrobehavior. New York: Norton, 1978. 252 p.
51. Winther R. Gr. Mathematical modeling in biology: philosophy and pragmatics. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2012.00102/full>

REFERENCES

1. BALABAN, O. (2018). *Cognitive Modeling as a Method of Knowing Cognitive-Semantic Universals*. [online]. Available at: http://www.trypillia.com/index.php?option=com_content&view=article&id=113:nataliia-burdo-discovering-the-sacred-world-of-trypillians-vikentii-khvoika-&catid=54:archaeology&Itemid=66 [in Ukr.]
2. BAKHTINA, H. (2016). Competency Approach in Teaching Higher Mathematics at the Technical University. *Naukovi zapysky (Scientific Notes)*, (10), pp. 8–15. [in Ukr.]

3. VITLINSKYI, V. (2013). Rating Modeling in Evaluating the Work of University Scientific and Pedagogical Staff. In: *Modeliuvannia ta informatsiini systemy v ekonomitsi: zb. nauk. pr.* (Modeling and Information Systems in Economics: Collected Scientific Works), (89), pp. 146–159. [in Ukr.]
4. DENYSIUK, S. (2008). Mathematical Modeling in Political Science in the Context of Humanitarian Education. [online] In: *Humanizm ta osvita: Mizhn. nauk.-prakt. konf.* (Humanism and Education: Proceedings of International Scientific and Practical Conference). Available at: <http://conf.vntu.edu.ua/humed/2008/txt/denisyuk.php> [in Ukr.]
5. DENYSIUK, S. (2009). Mathematical Modeling as a Method for Researching Political Processes. In: *Naukovyi chasopys Natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni M. P. Drahomanova. Serii 22. Politychni nauky ta metodyka vykladannia sotsialno-politychnykh dystsyplyn: zb. naukovykh prats* (Scientific Journal of the National Pedagogical Dragomanov University. Series 22. Political Sciences and Methods of Teaching Sociopolitical Disciplines: Collected Scientific Works). Kyiv: National Pedagogical Dragomanov University Press, (1), pp. 56–61. [in Ukr.]
6. DZOZ, V. (2005). Extrapolation, Expert Evaluation, and Modeling in the System of Prediction of Development of Humanitarian Policy of Ukraine during the Transformation Period. *Visnyk natsionalnoho tekhnichnoho universytetu "KPI". Filosofii. Psykholohiia. Pedahohika* (Bulletin of the National Technical University "KPI". Philosophy. Psychology. Pedagogy), (2 (14)), pp. 125–133. [in Ukr.]
7. DRANYSHNYKOV, L. (2017). Estimation of External Risk by Using Indistinct Logic. *Matematychni modeliuvannia* (Mathematical Modeling), (2), pp. 63–66. [in Ukr.]
8. ZINOVYEV, I., MANKO, N., SPITSA, I. (2013). Construction of a Mathematical Model for the Behavior of a Social Group Based on the Medical Biologic SIR Model of the Epidemic Spread. *Visnyk Zaporizkoho natsionalnoho universytetu. Fyzyko-matematychni nauky* (Bulletin of Zaporizhzhia National University. Physics and Mathematics), (2), pp. 36–41. [in Rus.]
9. KISELEV, V. (2016). Problems of Shadow Economy Modeling Exemplified by the Illegal Trafficking of Psychoactive Substances. *Matematychni modeliuvannia v ekonomitsi* (Mathematical Modeling in Economics), (1), pp. 100–115. [in Rus.]
10. KLIUIEV, K. (2016). Mathematical Modeling as an Effective Method of Studying Political Processes. *Politychne zhyttia* (Political Life), (1–2), pp. 19–23. [in Ukr.]
11. KORNIENKO, V., DENYSIUK, S., SHYIAN, A. (2008). Mathematical Modeling of Technologies for Future Presidential Elections in Ukraine: Methodological Basis and Influence of the Existing Power System. In: *Politolohichnyi visnyk. Zb. nauk. prats* (Political Science Journal. Collected Scientific Works). Kyiv: INTAS, (31), pp. 211–221. [in Ukr.]
12. KORNIENKO, V., DENYSIUK, S., SHYIAN, A. (2007). Modeling of Financial Mechanisms of Lobbying in the Conditions of "Criticality" by the Number of Deputies in Decision-Making Processes. *Politolohichnyi visnyk. Zb. nauk. prats* (Political Science Journal. Collected Scientific Works). Kyiv: INTAS, (29), pp. 110–117. [in Ukr.]
13. KOSTYTYSKYI, M. (2014). Mathematics as a Methodology of Knowledge (in particular, in Psychology). *Yurydychna psykholohiia ta pedahohika* (Legal Psychology and Pedagogy), (1), pp. 3–9. [in Ukr.]
14. KRASNIKOV, K. (2017). Computer Technologies for Fast Calculation of Mathematical Models. *Matematychni modeliuvannia* (Mathematical Modeling), (2), pp. 10–13. [in Ukr.]
15. KUHAJ, N., BORYSOV, Ye. (2015). Methodological Aspects of Mathematical Modeling. *Science and Education a New Dimension. Pedagogy and Psychology*, Vol. III (19), (38), pp. 39–42. [in Ukr.]
16. KULCHYTSKYI, I. (2015). Conceptualization of "Model" and "Modeling" in Scientific Research. In: *Visnyk Natsionalnoho*

- universytetu "Lvivska politekhnik". Seriia: *Informatsiini systemy ta merezhi: Zb. nauk. prats* (Bulletin of the Lviv Polytechnic National University. Series: Information Systems and Networks: Collected Scientific Works), (829), pp. 273–284. [in Ukr.]
17. MOROZ, O. (2002). A Model. In: *Philosophical Encyclopedic Dictionary: Reference Edition*. Kyiv: Abris, p. 742. [in Ukr.]
18. OVCHARUK, O. (2014). Modeling as a Methodological Factor in the Formation of a Human Image. *Kultura i suchasnist* (Culture and Modernity), (1), pp. 36–41. [in Ukr.]
19. OMELIANCHYK, D. (2015). Agent-Oriented Models of the Computing Economy: Features, Advantages, and Disadvantages. *Matematychni modeliuvannia v ekonomitsi* (Mathematical Modeling in Economics), (1), pp. 41–52. [in Ukr.]
20. OSADCHYI, I. (2016). Pedagogical Modeling: What Is Important to Know for a Teacher? *Narodna osvita* (Folk Education), (1), pp. 60–68. [in Ukr.]
21. PETRENKO, L., SUPRUNIUK, H. (2014). Optimization of Managing Educational Process in High School. In: *Modeliuvannia ta informatsiini systemy v ekonomitsi: Zb. nauk. prats* (Modeling and Information Systems in Economics: Collected Scientific Works). Kyiv: Kyiv National Economic University Press, (90), pp. 180–188. [in Ukr.]
22. PIVONCHUK, I. (2009). *Use of Applied Modeling in the Analysis of International Political Processes*. [online]. Available at: <http://nato.pu.if.ua/journal/2009/2009-24.pdf> [in Ukr.]
23. POLUMIENKO, S. (2014). Some Aspects of Sustainable Social Development Modeling. *Matematychni modeliuvannia v ekonomitsi* (Mathematical Modeling in Economics), (1), pp. 63–71. [in Ukr.]
24. POLOVYI, M. (2011). Methodological Aspects of Constructing Models of Political Processes. *Naukovyi visnyk Mizhnarodnoho humanitarnoho universytetu. Istorii. Filosofii. Politolohiia* (Scientific Journal of the International Humanitarian University. History. Philosophy. Political Science), (2), pp. 83–88. [in Ukr.]
25. PRISNIAKOV, V., PRISNIAKOVA, L. (2006). Mathematical Modeling of the Humanities by the Methods of the Catastrophe Theory. *Psykhologhiia i suspilstvo* (Psychology and Society), (1 (23)), pp. 27–46. [in Ukr.]
26. SAATI, T. (1977). *Mathematical Models of Conflicts*. Moscow: Sov. radio, p. 302. [in Rus.]
27. SKRYPNYCHENKO, V. (2013). Modeling of Financial and Economic Insurance Risks. *Matematychni modeliuvannia v ekonomitsi* (Mathematical Modeling in Economics), (1), pp. 109–115. [in Ukr.]
28. STEFANYSHYN, D. (2016). Extrapolation Forecasting Based on Data of Dynamics Series Using Situational and Inductive Models. *Matematychni modeliuvannia v ekonomitsi* (Mathematical Modeling in Economics), (2), pp. 98–106. [in Ukr.]
29. UYEMOV, A. (1971). The Logical Foundations of the Modeling Method. Moscow: Mysl, 311 p. [in Rus.]
30. CIULA, A., EIDE, Ø. (2017). Modelling in Digital Humanities: Signs in Context. *Digital Scholarship in the Humanities*, Vol. 32 (1), pp. i33–i46. [in Eng.]
31. CLARKE, K., PRIMO, D. (2007). *Modernizing Political Science: A Model-Based Approach*. [online] Available at: <https://doi.org/10.1017/S1537592707072192> [in Eng.]
32. FISHWICK, P. (2017). How Mathematics Is Redefining the Humanities. [online]. *Medium*. Available at: <https://medium.com/creative-automata/how-mathematics-is-redefining-the-humanities-f603805d6938> [in Eng.]
33. FLANDERS, J., JANNIDIS, F. (2012). *Knowledge Organization and Data Modeling in the Humanities*. [online] Available at: http://www.wwp.northeastern.edu/outreach/conference/kodm2012/flanders_jannidis_datamodeling.pdf Pid: urn:nbn:de:bvb:20-opus-111270 [in Eng.]
34. FORRESTER, J. (1961). *Industrial Dynamics*. Cambridge, Mass.: M.I.T. Press, 464 p. [in Eng.]
35. FRIGG, R., HARTMANN, St. (2006). Models in Science. [online] *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Available at: <https://>

plato.stanford.edu/archives/sum2018/entries/models-science/> [in Eng.]

36. GODFREY-SMITH, P. (2009). Models and Fictions in Science. *Philosophical Studies*, (1), pp. 101–116. [in Eng.]

37. HENSON, Sh. (2009). Why Mathematics, Science, and Humanities (including Religion) Don't Have a Quarrel. [online] *Spectrum*. Available at: <https://spectrummagazine.org/node/1722> [in Eng.]

38. KEMENY, J., SNELL, J. (1978). *Mathematical Models in the Social Sciences*. Cambridge, Mass.; London: MIT Press, 145 p. [in Eng.]

39. KERMACK, W., MCKENDRICK, A. (1927). *A Contribution to the Mathematical Theory of Epidemics*. [online] Available at: doi:10.1098/rspa.1927.0118 [in Eng.]

40. KOPERSKI, J. Models. [online] *The Internet Encyclopedia of Philosophy*. Available at: <https://www.iep.utm.edu/models> [in Eng.]

41. MALKEVITCH, J. (2012). *Mathematical Modeling*. [online] Available at: <http://www.ams.org/publicoutreach/feature-column/fc-2012-09> [in Eng.]

42. MANCOSU, P. (2011). *Explanation in Mathematics*. [online] Available at: <https://stanford.library.sydney.edu.au/archives/spr2011/entries/mathematics-explanation> [in Eng.]

43. Model. [online] *English Oxford Living Dictionaries*. Available at: <https://en.oxforddictionaries.com/definition/model> [in Eng.]

44. Model. [online] *Merriam-Webster Online Dictionary*. Available at: <https://www.merriam-webster.com/dictionary/model> [in Eng.]

45. Modelling. [online] *English Oxford Living Dictionaries*. Available at: <https://en.oxforddictionaries.com/definition/modelling> [in Eng.]

46. Models. [online] *Cambridge Dictionary*. Available at: <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/model?q=models> [in Eng.]

47. Models. [online] *The Internet Encyclopedia of Philosophy*. Available at: <https://www.iep.utm.edu/models/> [in Eng.]

48. MOUSOULIDES, N., SRIRAMAN, Bh., LESH, R. (2008). The Philosophy and Practicality of Modeling Involving Complex Systems. [online] *Philosophy of Mathematics Education Journal*, (23). Available at: <https://philpapers.org/rec/MOUTPA-3> [in Eng.]

49. PITTI, D. (2012). *Modeling: Perspectives, Objectives, and Context*. [online]. Available at: <https://datasymposium.wordpress.com/2012/03/13/featured-abstract-march-13-3> [in Eng.]

50. SCHELLING, Th. (1978). *Micromotives and Macrobehavior*. New York: Norton, 252 p. [in Eng.]

51. WINTHER, R. (2012). *Mathematical Modeling in Biology: Philosophy and Pragmatics*. [online] Available at: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2012.00102/full> [in Eng.]