

ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ БАГАТОФАКТОРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ РОЗВИТКУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Статтю присвячено аналізу змісту та сутності багатофакторного імітаційного моделювання. Оцінено методологічну корисність імітаційного моделювання для дослідження розвитку системи вищої освіти та перспективи його застосування в подібних дослідженнях. Акцентовано увагу на оптимізаційних імітаційних моделях, як важливому засобі вдосконалення механізмів управління розвитком системи вищої освіти.

Освіта була і є визначальним чинником політичної, соціально-економічної та наукової життєдіяльності суспільства. Як зазначено у Національній доктрині розвитку освіти України у ХХІ столітті, актуальним завданням динаміки освіти є забезпечення доступності здобуття якісної освіти протягом всього життя для всіх громадян. Безперервність освіти реалізується шляхом забезпечення зв'язку між загальною середньою, професійно-технічною, вищою та післядипломною освітою. За роки незалежності кардинальних змін зазнала система вищої освіти України.

Вища освіта в умовах переходу до інформаційного суспільства набуває пріоритетного значення. Сьогодні вона перетворюється на один із найважливіших компонентів культурного, соціально-економічного та політичного розвитку людства. Держави, які не на словах, а на ділі забезпечують, насамперед, своєю фінансовою політикою, пріоритетний розвиток освіти, здатні зайняти гідне місце у світовій спільноті, оскільки світовий досвід підтверджує пряму залежність рівня економічного розвитку країн від рівня освіченості населення.

На цьому тлі постає важлива проблема наукового обґрунтування перспективних кроків щодо подальшого вдосконалення системи вищої освіти. Вирішення цієї проблеми вимагає залучення сучасних методів дослідження, серед яких важливу роль відіграють методи моделювання. До визнаних наукових методів моделювання складних систем, до яких входить і система освіти, відноситься імітаційне моделювання. Підвищена увага до імітаційного моделювання визначається не лише можливістю аналізу систем в умовах великої розмірності і неповної інформації про їх структуру, але і доступністю методології для широкого кола фахівців-практиків, що допускає поєднання їх знань з апаратом теорії самонастроюваних систем, теорії вірогідності і математичної статистики.

Під терміном «імітаційне моделювання» («імітаційна модель») зазвичай розуміють обчислення значень певних характеристик процесу, що розвивається в часі, шляхом відтворення протікання цього процесу на комп'ютері за допомогою його математичної моделі, причому за умови, що отримати потрібні результати іншими способами або неможливо, або вкрай складно [1, с. 7]. Відтворення процесу на комп'ютері за допомогою математичної моделі прийнято називати імітаційним експериментом. У цьому словосполученні є претензія на заміну експериментів з реальними об'єктами експериментами з математичними моделями. Широке використання імітаційного моделювання стало можливим на певному етапі розвитку інформаційних технологій, як сучасних засобів і інструментів збору передачі, обробки, зберігання інформації. Серед цих засобів маються на увазі не лише комп'ютери, але й засоби обчислювальної математики, багаторівневі інструменти програмування, системи управління базами даних, банки даних тощо. Водночас імітаційне моделювання не вичерпується комп'ютерними експериментами. Розумовий експеримент із заздалегідь визначеними показниками та параметрами, які характеризують предмет дослідження – систему вищої освіти – також є придатним способом застосування технології імітаційного моделювання.

Разом з універсальним характером і високим рівнем деталізації механізмів функціонування систем додаткова позитивна риса імітаційного моделювання у відношенні вищої освіти полягає в можливості синтезу на його основі комплексних моделей, які поєднують переваги різних підходів, у тому числі теорії систем, що навчаються.

Для подолання апіорної невизначеності структура імітаційної моделі припускає використання інформації експерта або групи експертів, загальних відомостей про реальну систему, включаючи її аналітичну модель. Структура моделі містить також блоки імітації

і обробки їх результатів. Вибір тієї чи іншої структури для конкретних умов визначається рівнем початкової інформації, що іноді виступає основою класифікації методів імітаційного моделювання і завдань, що виникають при цьому.

Різноманітність умов дослідження складних систем зумовила появу безлічі методів моделювання механізмів їх функціонування, що формуються навколо аналітичного та імітаційного напрямів. Найбільш формалізованими та, водночас, найбільш придатними для аналізу системи вищої освіти є аналітичні моделі, при побудові яких дослідник значною мірою абстрагується від закономірностей реальної системи у рамках найбільш повно розроблених теорій. Подібна ідеалізація зазвичай супроводжується цілим рядом припущень і надає аналітичній моделі узагальнюючого характеру [див., напр.: 2, 3].

В той же час універсальність і простота моделі не завжди пов'язані з необхідною якістю рішення задачі внаслідок обмеженості можливостей застосування точних математичних засобів прийнятої теорії або відсутності таких засобів у теоретичних побудовах, які описують систему вищої освіти. Моделювання систем є складноформалізованим процесом, що значною мірою визначається рівнем початкової інформації. У міру ускладнення систем та збільшення апіорної невизначеності виникає необхідність створення спеціалізованих методів аналізу, до яких відносяться імітаційні моделі. Становлення ідей імітаційного моделювання пояснюється практично повною відсутністю обмежень в деталізації формалізованого опису структури складних систем, можливістю вивчення їх динамічних режимів в багатовимірному просторі параметрів.

За визнанням більшості вчених, поняття «імітаційне моделювання» доцільно зв'язувати як з процесом побудови формалізованої моделі системи, так і з використанням її в імітаційних експериментах з метою отримання оцінки показників ефективності моделі.

Імітаційні моделі системи вищої освіти можуть бути віднесені до класу реляційних моделей, що є системою співвідношень між характеристиками цієї системи та процесу її розвитку. Ці характеристики розділяють на внутрішні, ендогенні, що дістали також назву «фазові змінні», і зовнішні, екзогенні, які позначають також терміном «параметри» [1, с. 8]. До внутрішніх характеристик відносяться ті, значення яких мають бути визначені за допомогою засобів моделювання. До зовнішніх характеристик моделі системи вищої освіти слід відносити такі характеристики, від яких істотно залежать внутрішні характеристики, але зворотна залежність (з практично прийнятною точністю) не має місця. Наприклад, до таких характеристик слід

віднести рівень фінансового та кадрового забезпечення системи вищої освіти, який безпосередньо відбивається на багатьох внутрішніх характеристиках системи, але, водночас не залежить безпосередньо (особливо фінансування) від її фазових змінних. Це положення не відмінняє того факту, що ступінь підготовки фахівців в існуючій системі вищої освіти відбивається згодом на якості кадрів, які в майбутньому прийдуть в ту ж саму систему. Але це вже має враховувати інша модель, оскільки кожна імітаційна, як, втім і будь-яка інша модель має чітко окреслені в часі та предметі сфери відображення.

Слід зазначити, що імітаційна модель, до якої пред'являються вимоги надання прогнозу значень внутрішніх характеристик, має бути замкнутою. Під замкнутою моделлю розуміється модель, співвідношення якої дозволяють отримувати однозначні характеристики внутрішніх змінних при відомих значеннях зовнішніх параметрів. Отже, при моделюванні припускається, що нічого, крім урахованих в моделі зовнішніх характеристик, не впливає на динаміку внутрішніх характеристик. Очевидно, що для складних об'єктів, до яких відноситься система освіти, дана вимога означає необхідність або крайнього агрегування зовнішніх характеристик, або ж свідомого відхилення факту впливу частини «надлишкових» показників, запровадження яких зробить модель надскладною. Зазвичай у розряд таких характеристик потрапляють ті, які, на думку дослідника, недостатньо сильно впливають на динаміку досліджуваного об'єкта або не можуть бути однозначно верифіковані. Наприклад, для сучасної системи вищої освіти в Україні в залежності від поставлених завдань при моделюванні такими «надлишковими» показниками можуть бути визнані рівень розвитку світової чи вітчизняної педагогічної науки, кількість управлінського апарату в сфері освіти чи його фахова підготовка тощо. Процедура визначення зовнішніх характеристик моделі позначається термінами «ідентифікація» або «калібрування» [1, с. 8].

Відмітною ознакою імітаційного моделювання є особливість процесу передбачення механізму функціонування складної системи, пов'язаного з організацією імітаційного експерименту і наступним аналізом отриманих результатів. За цією ознакою до класу імітаційних, наприклад, відносяться моделі типу «чорної скриньки», що використовують принцип локальної апроксимації [5].

Імітаційне моделювання не виключає застосування в процесі обчислювального експерименту аналітичних моделей при неповній інформації про початковий стан системи та її вхідні дії, що характерно і для системи вищої освіти. Таким чином, імітаційне моделювання

не знижує значущості аналітичних моделей, а є способом розширення сфери їх застосування відповідно до умов дослідження, що ускладнюються.

В той же час в імітаційному моделюванні дуже важливою є технологічна сторона формалізованого моделювання. Технологічна у власному значенні слова, тобто в сенсі методів і процесу обробки, зміни стану, властивостей форми «сировини», певного матеріалу [6, с. 708]. У нашому випадку «сировиною» технології імітаційного моделювання служать зовнішні характеристики, які фігурують в моделі.

Таким чином, технологія імітаційного моделювання може трактуватися як спосіб видобування нової інформації (тобто нового знання), а саме значень внутрішніх характеристик моделі, з тієї, яку вже маємо в розпорядженні, – зі значень її зовнішніх характеристик. Це дозволяє формувати нові знання щодо системи вищої освіти.

Характерно, що імітаційне моделювання, як, втім, і значне число інших методів моделювання, прийшли в гуманітарні науки з природничих наук. Причому цей перехід в загальних рисах є аналогічним тому, як колись природничі науки набували рис точних наук та самі долучались до методів формалізованого моделювання. Наприклад, при вивченні природних фізичних процесів перехід до імітаційного моделювання став результатом розвитку математичного моделювання в цій сфері. Спочатку, за допомогою дослідження аналітичними засобами математичних моделей в цій сфері визначалися основні властивості процесів, що протікають в ній. З часом розвиток даної сфери складав усе більш точних прогнозів, що викликало появу усе більш складних моделей, що враховують все більше окремих чинників, які впливають на прогнозований процес. У певний момент застосування аналітичних засобів дослідження стало практично нездійсненним, і був здійснений остаточний перехід до використання імітаційних моделей для отримання необхідних прогнозів станів різноманітних природних процесів.

Ще одним важливим чинником впровадження в наукові дослідження імітаційних моделей є або висока вартість реальних експериментів, або принципова неможливість проведення експериментів. Так, широко відомо, що міжнародна заборона експериментальних випробувань ядерної зброї привела не до відмови від її вдосконалення, а до розвитку комп'ютерної імітації процесів, що відбуваються при ядерному вибуху. Характерно, що дослідження процесів розвитку майже усіх класів соціальних систем – і системи вищої освіти в тому числі – певною мірою є аналогічним дослідженню ядерних реакцій, оскільки масштабні практичні експерименти з суспільством не-

можливі з моральних міркувань та внаслідок труднощів охоплення в будь-якому гіпотетичному експерименті відповідного масштабу суспільних систем.

Серед різних варіантів моделей освітніх систем і процесів, які можна вважати імітаційними, слід виділити дві групи моделей. Моделі першої групи можуть бути використані для вивчення загальних властивостей і закономірностей, притаманних процесам розвитку системи освіти. У багатьох випадках моделі, що належать цій групі, описують процеси, що протікають не в реальному, а віртуальному світі та є, відтак, контрфактичними моделями. Інша група, навпаки, складається з моделей, які мають утилітарно-практичний характер і можуть бути використані для аналізу окремих реально протікаючих процесів в системі вищої освіти [порівн.: 1, с. 10].

В питанні типологізації імітаційних моделей системи вищої освіти слід зважати також на класифікацію імітаційних моделей, запропоновану В. А. Геловані, В. Б. Бритковим та С. В. Дубовським. На їх думку, за методами досліджень усі імітаційні моделі можна розділити на дві групи: власне імітаційні, та оптимізаційні. Власне імітаційні моделі описуються замкненою системою рівнянь, тобто усі функціональні зв'язки значення параметрів та екзогенних величин, до яких зараховуються й керуючі впливи, задані заздалегідь до початку функціонування моделі. Тоді дослідження імітаційної моделі представляє собою визначення впливу вибору різноманітних припущень про функціональні зв'язки, кількісні значення параметрів та керуючі впливи на поведінку системи [7, с. 41]. Ці моделі, як бачимо, дещо перетинаються із моделями першої групи – призначеними для вивчення загальних властивостей систем.

Водночас оптимізаційні, за класифікацією В. А. Геловані та співавторів, моделі, власне є також імітаційними моделями зі специфічними завданнями використання. Характерною рисою таких моделей є те, що вони не є замкненими. У них частина екзогенних змінних (керуючих впливів) не задана. Головною метою дослідження об'єкта за допомогою оптимізаційної моделі є як раз пошук значень цих змінних, які забезпечують досягнення об'єктом чи процесом поставленої заздалегідь конкретної мети, що, як правило, оптимізує певний заданий функціонал [7, с. 41]. Відповідно імітаційна оптимізаційна модель системи вищої освіти так само повинна мати кілька не зафіксованих заздалегідь зовнішніх параметрів, серед яких важливе місце мають посідати ступені свободи прийняття освітніх, організаційних та господарчих рішень вищими навчальними закладами, а також ступінь жорсткості заходів державного та громадського контролю за діяльністю вищих навчальних закладів

і рівень їх державного фінансування. Відповідно моделювання із припущенням в різних варіантах імітаційних експериментів різних характеристик вказаних зовнішніх параметрів повинне допомогти віднайти оптимальне за результативністю співвідношення їх характеристик з точки зору ефективності розвитку системи вищої освіти.

За оптимізаційного імітаційного моделювання вибір значень керуючих дій здійснюється в процесі діалогу між особою, що приймає рішення (ОПР) або людиною, що проводить дослідження проблеми, та моделлю. Вибір керуючих дій зі збільшення або зменшення тих чи інших вхідних параметрів здійснюється з безлічі заздалегідь заданих допустимих альтернатив – «сценаріїв», які для кожної окремої моделі об'єднуються в дерево допустимих рішень. При такому підході дослідження системи проводиться таким чином. ОПР в процесі діалогу з моделлю на свій розсуд обирає певну гілку дерева рішень, тобто один зі «сценаріїв», і тим самим однозначно визначає керівні функції. Модель аналітично чи за допомогою ЕОМ обчислює траєкторію розвитку системи, яка відповідає вибраному «сценарію». ОПР знайомиться з результатами і, якщо вони її не влаштовують, обирає новий «сценарій». Цей процес повторюється до тих пір, поки ОПР не підбере прийнятний, з її точки зору, алгоритм управління системою. Отже, використання оптимізаційної імітаційної моделі функціонування системи вищої освіти має допомогти у виборі вірних та продуктивних керуючих дій з боку держави, які дозволять з мінімальними витратами вдосконалити її стан та процеси її подальшого розвитку.

Таким чином, формування дій, що управляють, в процесі діалогу ОПР з моделлю робить модель керованою, дозволяє враховувати можливе свідоме втручання людини у функціонування системи. Водночас слід зазначити, що ОПР фактично підбирає управління з представленого їй бодай широкого, але все ж таки обмеженого вибору. Обмеження вичерпним переліком допустимих дій, що управляють, не дозволяє проаналізувати усі можливості розвитку системи [7, с. 42-43]. На жаль, цей недолік властивий будь-якій імітаційній моделі. Його необхідно мати на увазі як розробнику моделі, так й її користувачу – досліднику чи особі, що приймає рішення. Чи не єдиним паліативним засобом вирішення даної проблеми слід вважати створення кількох різних імітаційних моделей на базі різних наборів внутрішніх та зовнішніх змінних, а також переліків можливих керуючих впливів («сценаріїв»). Аналіз результатів імітаційних експериментів, здійснених з різними моделями дозволяє значно зменшити похибки під час прийняття керуючих рішень в реальній структурі управління системою вищої освіти.

Отже, спираючись на викладені вище міркування, у разі потреби широкого дослідження можливостей системи, у тому числі її граничних (у різному сенсі) станів, перевага повинна віддаватися оптимізаційним моделям. У такому разі процес використання оптимізаційної моделі можна розбити на два етапи. Перший етап включає побудову моделі та попереднє вивчення системи, що дозволяє зрозуміти основні закономірності її функціонування і визначити можливі критичні шляхи та обмеження її розвитку. На цьому етапі раціонально використовувати імітаційну модель в режимі діалогу дослідника або ОПР з комп'ютером. Найбільш зручним апаратом, що забезпечує таку взаємодію, можна вважати метод сценаріїв [порівн.: 4, с. 308-312]. Проте до переліку допустимих рішень необхідно включити тільки ті варіанти і змінні, які дійсно можуть змінюватися за бажанням людини. При цьому має бути забезпечений доступ ОПР до зміни усіх параметрів, які є управляючими. Метод сценаріїв особливо зручний, коли ОПР отримує можливість працювати із звичними для неї поняттями, заданими в зручній формі. Результатом першого етапу аналізу системи є список проблем – негативних тенденцій довгострокового розвитку досліджуваної системи. Другий етап пов'язаний з пошуком таких керуючих дій, які можуть забезпечити найбільш прийнятний, з точки зору ОПР, розвиток системи.

Більш адекватним представляється уявлення про складну систему, якою, без сумніву, є й система вищої освіти, як про таку, що має цілий набір основних параметрів – «життєвих індикаторів», – та прагне підтримувати їх у рамках певних обмежень. Тому в цілому завдання управління такими системами слід мислити скоріше як завдання не оптимізації, а знаходження задовільної траєкторії її функціонування. Доцільно припустити, що дослідник або ОПР має неформальну здатність знаходити компроміс між різними вимогами, розпізнавати задовільний стан у багатовекторному просторі життєвих індикаторів системи. У такому разі необхідно спрямувати зусилля не стільки на додаткову формалізацію цілей ОПР, скільки на раціональний розподіл функцій між ОПР і власне імітаційною моделлю.

В загальних рисах зміст побудови імітаційної моделі системи вищої освіти та наступного імітаційного моделювання може бути представлений наступним чином:

– на основі вихідного досвіду та загальних відомостей про систему вищої освіти, які має у своєму розпорядженні дослідник, а також на підставі наявних експертних тверджень цієї системи, її властивостей та взаємозв'язків визначаються її внутрішні змінні та зовнішні

параметри, збираються відомості про їх кількісні чи якісні характеристики протягом певного часу;

- потім будується перший варіант імітаційної моделі системи вищої освіти, що враховує винайдені показники, їх значення, зміну їх значень у відповідності до зміни пов'язаних з ними величин та певний приріст від одного до другого «кроків» моделі;

- після пробного розрахунку моделі із визначеними початковими значеннями оцінюється ступінь відповідності створеного варіанту моделі оригіналу, що моделюється;

- враховуються недоліки у відображенні моделлю змодельованих властивостей системи вищої освіти та будується новий варіант моделі, що включає нові або уточнені параметри та показники;

- знову розраховується модель та отриманий результат порівнюється із властивостями оригінального процесу;

- цикл модифікування моделі у порівнянні з об'єктом дослідження здійснюється до отримання достатньо адекватної досліджуваному процесові моделі;

- після отримання достатньо адекватної моделі здійснюється її вивчення як заміника оригінального об'єкта.

Отже, імітаційне моделювання є порівняно новим, перспективним методом вивчення складних явищ і процесів шляхом створення та наступного аналізу їх моделей при активній участі дослідника в ході імітаційного експерименту. Оскільки підвищена складність і невідомість внутрішніх та зовнішніх впливів системи вищої освіти не викликає сумнівів, представляється абсолютно виправданим використання імітаційного моделювання в дослідженні цієї системи та процесів її розвитку.

Бібліографічний список

1. Павловский Ю. Н. Имитационное моделирование / Ю. Н. Павловский, Н. В. Белотелов, Ю. И. Бродский. – М. : Изд. центр «Академия», 2008. – 240 с.
2. Гринин Л. Е. Макроэволюция в живой природе и обществе / Л. Е. Гринин, А. В. Марков, А. В. Коротаев. – М. : Издательство ЛКИ, 2008. – 248 с.
3. Малинецкий Г. Г. Нелинейная динамика: подходы, результаты, надежды / Г. Г. Малинецкий, А. В. Потапов, А. В. Подлазов. – 2-е изд. – М. : КомКнига, 2009. – 280 с.
4. Советов Б. Я. Моделирование систем / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 2001. – 343 с.
5. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука / Р. Шеннон. – М. : Мир, 1978. – 420 с.

6. Ожегов С. И. Словарь русского языка / под ред. Н. Ю. Шведовой. – 13-е изд., испр. – М. : Рус. яз., 1981. – 816 с.
7. Геловани В. А. СССР и Россия в глобальной системе (1985--2030) : Результаты глобального моделирования / В. А. Геловани, В. Б. Бритков, С. В. Дубовский. – М. : Либроком, 2009. – 320 с.

Стаття посвящена аналізу содержания и сущности многофакторного имитационного моделирования. Оценена методологическая полезность имитационного моделирования для исследования развития системы высшего образования и перспективы его применения в подобных исследованиях. Акцентируется внимание на оптимизационных имитационных моделях как важном средстве совершенствования механизмов управления развитием системы высшего образования.

The article is devoted to the analysis of maintenance and essence of multivariable imitation simulation. The methodological utility of imitation simulation for research of higher education system development and prospects of its application in similar researches are appraised. Attention is accented on optimization simulation models as important mean of perfection of mechanisms of management of higher education system development.