

УДК 72.01

Данилов С. М.
Доцент каф. ІТДАС
ХНУБА

МЕТОДИ АНАЛІЗУ РЕГІОНУ ЯК СКЛАДНОЇ СИСТЕМИ

Анотація. Розглянуто проблеми екології, економіки і соціуму як основи формування архітектури сталого розвитку.

Ключові слова: архітектура, екологія, економіка, соціум.

Danylov Serhii

METHOD OF ANALYSIS OF THE REGION AS A COMPLEX SYSTEM

Annotation. We consider the problems of ecology, economy and society as a basis of formation of architecture of sustainable development.

Keywords: architecture, ecology, economy, society.

Постановка проблеми.

Складна система матеріальних, культурних, соціальних та економічних відносин регіонів складалася на протязі дуже тривалого часу. В архаїчному світі Гомера повинні були пройти століття для того, щоб сучасний дослідник міг виявити зміни в укладі життя території, яку вивчає. За часів Еразма Роттердамського та Шекспіра період помітних змін скоротився до півстоліття.

У ХХ столітті вже кожні десять років стають терміном протягом якого з'являються революційні технології, відбуваються значимі відкриття і навіть в такому монументальному мистецтві як архітектура встигають змінитися стильові тенденції та напрямки. Налагоджена впродовж десятиліть система життєдіяльності регіонів не встигає адаптуватися до нових викликів. Може саме це стало причиною стрімкого зростання кількості соціальних експериментів в містобудуванні і містовлаштуванні останнього століття? Кожна масштабна зміна в укладі життя регіону - це потрясіння яке або виводить систему на більш високий рівень існування, або реалії життя змушують її пристосовуватися до умов, що змінилися і менталітету жителів деформуючи спочатку поставлені цілі і завдання.

В процесі розгляду питання організації життєдіяльності регіону в стрімко мінливих умовах, стає очевидним, що динаміка наростання проблем і швидкість змін архітектури різняться, причому архітектура, в силу своєї статичності і дорожнечі, значно відстає від виникаючих криз. Отже, в процесі створення уявлень про архітектуру нового типу вкрай важливим є питання адекватної прогностики. Ці прогнози повинні давати кілька сценаріїв можливого розвитку проблеми.

Поліваріантність майбутнього змушує розглядати регіон як сценарій, що адекватно функціонує в широкому спектрі зовнішніх змін. Діапазон можливих змін визначається логікою розвитку тих криз, які здатні фундаментальним чином представляти загрозу благополучному існуванню як регіону, так і людства в цілому. При цьому слід особливо враховувати, що статичність регіону істотно звужує можливості подальшої його адаптації до незапланованих змін вихідних умов. Таким чином, звертаючись до актуальності питань прогностики в розробці принципів інноваційної архітектури, слід особливо ретельно розглядати проблематику адекватності прогнозів і наслідків помилкових прогнозів. Тут ціною помилки можуть стати спорожнілі міста і мільярди витрачених коштів.

З теорії катастроф відомо, що чим більше вихідних даних, тим вище ризик критичної помилки. Переплетення сотень сценаріїв екологічних інновацій в єдиному полі сучасної архітектури вже не піддається аналізу в простому логічному проходженні. У той же час сучасні методи аналізу дозволяють включати в єдину систему безліч сценаріїв розвитку архітектури, визначаючи траєкторії сходів цих сценаріїв в єдину робочу модель. Інноваційні методика дозволяють в єдиному об'єкті враховувати поліваріантність майбутнього, виокремлюючи базові елементи, які навіть при невірних вихідних передумовах забезпечать максимальну надійність і стійкість архітектурного об'єкта.

Таким чином, для розробки системи прийняття рішень по адаптації системи регіону до стрімкої динаміки його змін необхідне створення методологічної апарату, що з'єднує в собі багаторівневі дані в єдину, інтуїтивно зрозумілу, інтерактивну модель функціонування міста. У цій моделі необхідно з'єднувати точність математичних розрахунків з філософсько-гносеологічними засобами пізнання реальності, методи психології з даними культурологічних досліджень і т.п. При цьому поєднуючи безліч парадигм, що відображають всю різноманітність життя міста необхідно отримати чітко оцінену і осмислену модель, що дозволяє виявити ті дії, які здатні спровокувати всю міську систему до позитивних змін без втрати її стійкості.

Вивчення процесів, що відбуваються в регіоні, є досить складним і неоднозначним у своєму рішенні завданням. Дані процеси відбуваються в складних слабоструктурованих системах, над якими експеримент в тому сенсі, як він розуміється в природничих науках, неможливий. А якщо і можливий, то його наслідки важко оцінити і передбачити через "контрінтуїтивні поведінки" зазначених систем. [1-3]

Така поведінка обумовлена як розміром і складною структурою міста і регіону як системи, так і більшим обсягом інформації, яку породжують процеси щовідбуваються в таких системах. Ця інформація в переважній більшості випадків не піддається адекватній оцінці без використання інформаційного

аналізу та інформаційних технологій. А це буває вкрай необхідно в умовах, коли помилки в прийнятті рішень щодо функціонування регіону можуть коштувати дуже дорого.

Традиційні методи прогнозування і моделювання, для застосування на глобальному макрорівні і в пов'язаному з ним територіальному управлінні не ефективні для адекватного опису життєдіяльності надскладних систем таких як регіон. Такі прогнози дають неадекватне відображення можливого майбутнього при сучасних нестаціонарних умовах, з великою кількістю взаємодій і факторів впливу, що характеризуються мінливістю зовнішнього середовища та структурними перебудовами. Нові соціально-економічні умови, невизначеність і динамічність зовнішнього середовища призводять до необхідності зміни дослідницьких парадигм і як наслідок, пошуку нових методів дослідження і прийняття рішень. Це повинно відбуватися на основі системологічних імітаційних моделей, що дозволяють здійснювати концептуалізацію проблемної ситуації і детально описувати процеси що моделюються із застосуванням системного аналізу.

Тому розробка моделей, що дозволяють вивчати процеси, які протікають в складних системах, є актуальним завданням. Для досягнення стійкого розвитку регіону, необхідно створити відповідний науковий інструментарій, який допоможе вирішити серйозні глобальні проблеми що, по всій видимості, очікують на вже в найближчому майбутньому.

Результати дослідження.

Найбільший інтерес в аспекті дослідження і прогнозування розвитку регіону як відкритої системи, що саморозвивається, викликають дослідження в області світової і системної динаміки.

Моделювання світової динаміки веде свій початок з доповідей видного американського вченого Дж. Форрестера знаменитому Римському клубу в кінці 1960-х-початку 1970-х рр. щодо застосування розроблених ним моделей системної динаміки для цілей довгострокового еколого-економічного прогнозування [4]. Головне питання, яке цікавило тоді Римський клуб, полягло у визначенні ступеня стійкості економічної моделі, що панувала на Заході після Другої світової війни. Ця модель передбачала динамічне зростання і необмежене розширення при використанні ресурсномістких технологій. Доповіді Форрестера показали, що продовження стратегії ресурсомісткого зростання в умовах небувалого демографічного зростання неминуче призведе або до гострої нестачі ресурсів в світі, або до катастрофічного забруднення навколишнього середовища.

Вичерпання багатьох найважливіших ресурсів, погіршення екологічної ситуації, швидке зростання населення, зміна політичної карти світу і переділ сфер впливу, тупик концепції "стійкого розвитку" створюють нову нестійку ситуацію в системі функціонування міста. Швидкість подібного роду змін досягла такого рівня, що будь-який архітектурний проект стає спробою простого «вгадування» майбутнього сценарію його експлуатації.

В останні роки в світі спостерігається новий підйом активності в області геополітичного і соціально-економічного прогнозування майбутнього. Ця активізація пов'язана з глобальними екологічними та енергетичними викликами, з істотним загостренням продовольчої проблеми, викликаній значним зростанням чисельності населення Землі. Навантаження на навколишнє середовище продовжує швидко рости, незважаючи на розвиток технологій та зусилля громадських організацій. Фактично людство вже вийшло за розумні межі природокористування і потрапило в область нестійкого розвитку.

Системна динаміка - це метод вивчення комплексних систем, які схильні до змін з плином часу, вперше заснований Джеєм Форрестер в 1950 роках. В основі системної динаміки лежить твердження, що структура системи зумовлює її поведінку. Після того, як модель побудована, можна зробити симуляцію числових показників, яка у вигляді графіка або таблиці покаже поведінку системи. При цьому дуже важливим моментом є те, що модель не тільки повинна відтворювати поведінку системи в реальних умовах, але робити це на основі тих же причин, які існують в реальності.

Системна динаміка своїми методами і інструментами дозволяє зрозуміти структуру і динаміку складних систем. Ці методи дозволяють врахувати основні взаємозв'язки між елементами системи і тимчасові затримки в динаміці її розвитку. Метою системної динаміки є посилення, розширення можливостей когнітивних (ментальних) моделей. [5-6].

При моделюванні враховуються причинно-наслідкові взаємозв'язки між елементами системи, особлива увага приділяється зворотному зв'язку між ними. При цьому дуже важливим моментом є те, що модель не тільки повинна відтворювати поведінку системи в реальних умовах, але робити це на основі тих же причин, які існують в реальності. Системна динаміка головним чином використовується в довгострокових, стратегічних моделях і приймає високий рівень абстракції. Дискретні елементи представлені в моделях системної динаміки не як окремі елементи, а як система в цілому [7].

Звичайні інтуїтивні підходи до вирішення соціальних проблем стають неприйнятними в умовах Н не справляються зі складністю соціального світу і математичні підходи. Моделі, які використовуються в системній динаміці, є комп'ютерними моделями, за допомогою яких здійснюється імітація поведінки

складних систем. Експериментування з моделлю дозволяє істотно поглибити розуміння їх поведінки і нерідко спрогнозувати появу непередбачених наслідків, в тому числі катастрофічних. Однак реальну користь моделювання приносить тільки в тих випадках, коли модель стає засобом ефективної, компетентної комунікації.

Системна динаміка Форрестера.

Орієнтована на комп'ютерне моделювання методологія системної динаміки Форрестера є в даний час досить потужним інструментарієм для дослідження динамічних процесів. Базовим конструктором системної динаміки є уявлення досліджуваного процесу у вигляді діаграми, що складається з петель позитивного і негативного зворотного зв'язку, що практично збігаються з когнітивними картами. Можна сказати, що когнітивні карти служать протомоделями для теорії системної динаміки, математичним апаратом якої є системи диференціальних рівнянь.

На думку Форрестера, світова система стикається з новими труднощами. Під «світовою системою» ми розуміємо людство, його соціальні системи, технологію і природне довкілля. Явним виразом напруженості у світовій системі є зростання населення, зростаюче забруднення і відмінність в рівнях життя. Якщо ми хочемо бути впевнені, що наші дії будуть приводити швидше до поліпшення, ніж до погіршення ситуації, то нам потрібно зрозуміти зв'язки, за допомогою яких основні чинники впливають один на одного в планетарному масштабі.

У теорії Форрестера розглянута так названа «динамічна світова модель», в якій взаємопов'язані населення, капіталовкладення, географічний простір, природні ресурси, забруднення і виробництво продуктів харчування. Але з часом зростання наштовхується на межі, що накладаються природою. Ґрунт і природні ресурси виснажуються, а здатність біосфери Землі розкласти забруднення не безмежна.

Величини, які мають постійний річний процентний приріст, демонструють «експоненціальне» зростання. Але експоненціальне зростання не може тривати безмежно. Експоненціальне зростання виглядає безневинним і здатне вводити в оману. Змінна, що характеризує систему, може пройти через багато періодів подвоєння без досягнення помітного значення. Але через кілька періодів подвоєння, слідуючи тому ж самому закону експоненціального зростання, ця змінна раптово виявляється величезною величиною. «Вибух» відбувається не внаслідок якоїсь несподіваної зміни в структурі закону зростання, а в результаті взаємопосилення процесів, що завжди існували, але до цього часу були проігноровані.

У міру наближення до остаточних меж негативні сили в системі накопичуються доти, поки їх не виявиться достатньо, щоб зупинити процеси росту. Експоненціальна демографічна крива при великих значеннях щільності населення починає загинатися, переходячи в логістичну. По всій видимості, можна говорити про деякі загальні закони динаміки стійких систем: всяке експоненціальне зростання параметра насправді логістично підпорядковується.

Після того, як модель побудована, можна зробити симуляцію числових показників, яка у вигляді графіка або таблиці покаже поведінку системи. При цьому дуже важливим моментом є те, що модель не тільки повинна відтворювати поведінку системи в реальних умовах, але робити це на основі тих же причин, які існують в реальності.

Аналізуючи результати 35-річного періоду застосування методів системної динаміки для вирішення широкого спектра теоретичних і прикладних задач, Дж.Форрестер підкреслює, що успіх безпосередньо залежить від правильного розуміння ролі моделювання соціальних процесів.

Форрестер виділив найбільш істотні світові процеси. На той момент ними виявилися наступні:

- 1) швидке зростання населення;
- 2) індустріалізація і пов'язане з нею промислове зростання, що викликає забруднення навколишнього середовища;
- 3) брак продовольства;
- 4) зростання відходів виробництва;
- 5) брак природних ресурсів.

Таким чином, Світ-система, по Форрестеру, складається з наступних основних підсистем: населення, основні фонди (капітал), сільськогосподарські фонди, невідновлювані природні ресурси, забруднення навколишнього середовища. [8-9].

На думку Форрестера, світова динаміка може бути описана п'ятьма основними глобальними змінними, як функціями, залежними від часу: 1) N - чисельність населення Землі; 2) K - основні фонди (капітал); 3) X - частка фондів у сільському господарстві; 4) R - обсяг невідновлюваних природних ресурсів; 5) Z - кількість забруднень навколишнього середовища. Дж.Форрестер вважав, що вплив основних змінних N , K , X , R і Z друг на друга в основному позначається через природні процеси взаємодії і допоміжні чинники, такі, як, наприклад, підвищення труднощів видобутку невідновлюваних ресурсів у міру їх виснаження. [10].

У моделі світової динаміки Дж. Форрестера присутні п'ять звичайних диференціальних рівнянь, що описують п'ять глобальних змінних. У загальному випадку це п'ять нелінійних ОДР.

На думку автора, системи диференціальних рівнянь в приватних похідних можливо використовувати для дослідження спрямованості руху всієї системи розвитку міста, а також дослідити швидкість і прискорення цього процесу. Це дозволяє побачити регіон, як систему, існуючу не тільки в просторі, але і в часі, визначити ступінь її "стійкості" в часі.

Розрахунки за своєю математичною моделлю Дж. Форрестер проводив для тимчасового інтервалу 1900-2100 рр. Рік 1970-й був прийнятий за опорний, оскільки дані розрахунків зіставлялися з наявною статистикою по часового інтервалу 1900-1970 рр. Це дало можливість, по-перше, налагодити і верифікувати саму модель, а по-друге, підтягнути погано відомі параметри моделі. А з 1970 р розрахунки є вже чисто прогнозними. Звичайно, обраний горизонт прогнозування до 2100 р не дозволяє говорити про прийнятну надійності і точності прогнозу за межами ХХ століття, оскільки в моделі безпосередньо не враховується технічний прогрес, який грає ключову роль в довгостроковому розвитку. А за 130 років тричі змінюється технологічний уклад, що істотно позначається на віковій траєкторії еколого-економічного розвитку.

Однак для такого роду моделі Дж. Форрестер і не ставив завдання точного передбачення, метою моделювання є виявлення тенденцій розвитку системи і її якісних характеристик. По суті, модель Дж. Форрестера є моделлю динаміки індустріальної економіки. В цілому сценарний аналіз моделі виявив загрозу кризи у стосунках людства і природи в ХХІ столітті і показав існування «глобальної рівноваги» за умови самообмежень і вирішенні ресурсної проблеми. Як вважав Дж. Форрестер, єдиний шлях уникнути кризи, пов'язаного з ростом, - це перехід до глобальної рівноваги, коли змінні системи виходять на стаціонарні значення і не змінюються. В принципі, здійснити повну стабілізацію в рамках моделі Форрестера неможливо, оскільки ресурси можуть тільки спадати в часі. Проте для інших змінних можливо досягти виходу на стаціонарні значення, хоча і для обмежених часових інтервалів. [11-15].

Критика моделей Форрестера.

На думку фахівців, модель світової динаміки Форрестера-Медоуза була занадто механістична і загальна, в ній не описувалися регіональні структури, мали місце розбіжності з теоріями економічного зростання, недостатньо враховувався вплив соціальних і технологічних інновацій. Дійсно, модель Форрестера-Медоуза дозволяє вести тільки пошуки сценарію, що запобігає кризову ситуацію, шляхом комп'ютерного моделювання ряду послідовних

сценаріїв з підсилюються обмеженнями на інтенсивність споживання ресурсів і забруднення навколишнього середовища. Модель не дозволяє вирішувати завдання управління процесами, що впливають на розвиток світової динаміки.

Одним з основних недоліків глобальних моделей першого покоління стало опис обраних глобальних процесів за допомогою однотипних диференціальних рівнянь стандартного виду, які не враховують внутрішні властивості і механізми розвитку відповідних процесів. Форрестер і його послідовники описували праві частини рівнянь на основі обробки наявних рядів статистичних даних, які в більшості випадків були вкрай мізерними. Цим пояснювалася низька точність результатів глобального моделювання першої хвили.

Висновки.

Загальний висновок, який можна зробити такий: Загальним результатом дослідження регіону як динамічної системи, що саморозвивається, має стати уявлення про механізми збереження регіоном стійкого стану. Як відомо, властивістю динамічних систем є їх стійкість, тобто збереження системою своєї базової структури і основних виконуваних функцій протягом певного часу, при відносно невеликих і різноманітних зовнішніх впливах, і внутрішніх збурень.

Модель Форрестера - проста, ясна і корисна модель, ілюструє цікавий підхід до моделювання складних нелінійних систем. Задумана як навчальний приклад застосування методу системної динаміки, вона стала таким собі зразком для подальших робіт, привернула увагу до проблеми світової динаміки, дала поштовх до проведення інших досліджень, що призвело до появи цілого напрямку, що отримав назву глобального моделювання. Разом з тим не можна не згадати і про недоліки моделі: до уваги береться багато важливих факторів, явним мінусом також є утруднена ідентифікація моделі, деякі залежності носять неперевіряємий фантастичний характер, метод побудови моделі не в усьому адекватний, рекомендації Форрестера щодо запобігання кризи нереалістичні.

Проте, фундаментальні роботи Дж. Форрестера і його наукова і громадська діяльність не тільки сприяли появі системної динаміки як нової методології комп'ютерного моделювання і методу вирішення управлінських завдань [16-17], але і дали розвиток цілої низки напрямків, таких як: прикладні дослідження в широкому спектрі завдань управління - від корпоративного управління до глобального моделювання і моделювання національних економік; новий клас високотехнологічних симуляторів, за допомогою яких можливо використовувати потокові діаграми як мову опису складних динамічних систем з нелінійними зворотними зв'язками; інтерактивні імітаційні ігри; цікаві і популярні освітні проекти в сфері бізнесу, створення широкої мережі консалтингових організацій, а також відділень суспільства системної динаміки

по всьому світу, які застосовують і популяризують ідеї Дж. Форрестера і його послідовників.

Розглядаючи «Світову динаміку» Джея Форрестера слід особливу увагу звернути на той факт, що обидві моделі глобальні, переконливі і задають напрямки розробки стратегій виживання людства.

«Світову динаміку» Форрестера слід відносити до наукових розробок, спеціалізованих на створення спільної довгострокової прогностичної карти цивілізації. Основне призначення моделі - генерація адекватних глобальних прогнозів для вироблення ряду міжнародних угод щодо стабілізації відносин людства і біосфери. Виявивши глобальні кризи людства і визначивши приблизні терміни і параметри їх проходження Форрестер і Медоуз визначили для цілого покоління вчених напрямки пошуку оптимальних варіантів вирішення тих викликів, які сьогодні постають перед людством.

Усвідомлюючи всю важливість даної проблеми Месарович і Пестель уточнили параметри проходження криз цивілізації. Їх розрахунки дозволили зробити висновок про те, що загальна криза людство переживатиме у вигляді низки локальних криз у своїй сукупності і дають загальну картину, описану Форрестером.

Перелік літератури.

1. Forrester J. W. Counterintuitive Behaviour of Social Systems // Technology Review. – 1971. – Vol. 73. – No. 3. – P. 53-68.
2. Ларичев О.И., Мошкович Е.М. Качественные методы принятия решений: вербальный анализ решений. – М.: Наука; Физматлит, 1996. – 208 с.
3. Медоуз Д.Л. За пределами роста. – М.: Прогресс; Пангея. – 304 с.
4. Коротаев А.В. Комплексный системный анализ, математическое моделирование и прогнозирование стран БРИКС: Предварительные результаты // А.В. Коротаев, С.Ю. Малков, А.А.Акаев М.: Красанд, 2014. – 394 с.
5. Sterman J. Business Dynamics: systems thinking and modeling for a complex world. The McGraw-Hill Companies, Inc., 2000. -244 p.
6. Forrester J.W. System Dynamics and the Lessons of 35 years // A Systems — based approach to Policymaking / Ed.by De Green U.V. Boston: Kluwer, 1995. P. 199-239. с. 216.
7. Официальный сайт AnyLogic. Режим доступа к ресурсу: <http://www.anylogic.ru/>
8. Форрестер Дж. Мировая динамика. – М.: Наука, 1978. - 146 с.
9. Форрестер Дж. Основы кибернетики предприятия. – М.: Прогресс, 1971. -122 с.
10. Печчеи А. Человеческие качества. – М.: Прогресс, 1980. -330 с.

11. Геловани В.А., Егоров В.А., Митрофанов В.Б., Пионтковский А.А. Решение одной задачи управления для глобальной динамической модели Форрестера. – препринт ИПМ АН СССР, 1974, №56.

12. Егоров В.А., Каллистов Ю.Н., Митрофанов В.Б., Пионтковский А.А. Математические модели глобального развития. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. - 420 с.

13. Левашов В.К. Устойчивое развитие общества: парадигма, модели, стратегия. – М.: Academia, 2001. - 280 с.

14. Матросов, И.В. Глобальное моделирование с учетом динамики биомассы и сценарии устойчивого развития. / Новая парадигма развития России (Комплексные исследования проблем устойчивого развития). – М.: Academia, МГУК, 1999, с. 18-24.

15. Матросова К.В. Устойчивое развитие в модифицированной математической модели "Мировая динамика". / Новая парадигма развития России (Комплексные исследования проблем устойчивого развития). – М.: Academia, МГУК, 1999, с. 344-353.

16. Лычкина Н.Н. Ретроспектива и перспектива системной динамики. Анализ динамики развития // Бизнес-информатика. – М.: 2009. - № 3. – с. 55-67.

17. Kim Warren Strategic Management Dynamics, London Business School, John Wiley&Sons Ltd. – 2008. – 340 p.