

УДК 330.4:336.71

Скрипниченко В.В., канд. екон. наук

Інститут економіки та прогнозування НАН України

СТОХАСТИЧНІ МОДЕЛІ ОЦІНЮВАННЯ СТРАХОВИХ РИЗИКІВ

Показано, що побудова сучасних моделей для управління фінансово-економічними страховими ризиками вимагає більш глибокого кількісного аналізу для оцінювання ризиків, пов'язаних з процесом ефективної (беззбиткової) економічної діяльності, а також формування нових методологічних підходів до побудови моделей, які б враховували специфіку функціонування як виробництва, так і страхової сфери в сучасних умовах.

Ключові слова: моделі для управління фінансово-економічними страховими ризиками, ІАСБП, ефективна (беззбиткова) економічна діяльність.

V.Skrypnichenko, PhD in Economics

Institute for Economics and Forecasting, NAS of Ukraine

STOCHASTIC MODELS OF INSURANCE EVALUATION

The article shows that the construction of modern models for management of finance-economic insurance risks requires a deeper quantitative analysis to evaluate risks related to the process of efficient (break-even) economic activities, as well as forming new methodological approaches to the construction of models, which would take into account the specific features of the functioning of both production and insurance sphere, in modern conditions.

Keywords: models for the management of finance-economic insurance risks, IASBP, efficient (break-even) economic activities.

JEL: C73, Q14

Динамічний розвиток економік світу протягом минулих століть свідчить, що страхування є потужним фактором позитивного впливу на економіку, сприяє забезпеченню сталого економічного розвитку, зокрема, через мінімізацію ризиків функціонування суб'єктів господарювання, пошук адекватних новим умовам методів захисту їх діяльності та відшкодування втрат економічних агентів.

Аграрне страхування є ефективним способом управління ризиками. Однак за нинішнього стану розвитку ринку агрострахування страхові послуги аграріям надає лише невелика кількість компаній, інформація про умови й порядок страхування є неповною та важкодоступною, перелік ризиків, від яких страхують страхові компанії, нерідко не відповідає потребам страхувальників, відповідно спостерігається як недостатня пропозиція від страховиків, так і низький попит на страхування сільськогосподарських товаровиробників (зокрема, страхування застосовується переважно не як метод управління ризиками підприємства, а як допоміжний захід щодо отримання банківського кредиту) на тлі недосконалої законодавчої бази та відсутності необхідного досвіду страховиків.

У цьому контексті на сьогодні є потреба у практичній реалізації нових концепцій аграрного страхування, побудові модельного інструментарію оцінки страхових ризиків в агросфері України з метою недопущення катастрофічних збитків в аграрному підприємстві у майбутньому, для попередження та покриття втрат сільськогоспо-

дарських товаровиробників. Відсутність уніфікованих підходів до розрахунку основних параметрів агрострахування (зокрема, ймовірності втрат врожаю та прибутку, стохастичної складової та асиметрії регіонального розподілу втрат у сільськогосподарському виробництві) зумовлюють необхідність розроблення нових підходів до моделювання аграрних страхових ризиків.

Розглядом проблем розвитку страхового ринку та страхування аграрних ризиків займаються А.Александров, Ю.Алескерова, І.Балабанов, О.Бородіна, В.Бутова, К.Воблий, В.Гайдук, А.Гінзбург, В.Дядєков, П.Кліс, Г.Матвієнко, Г.Минкіна, С.Осадець, Б.Пасхавер, О.Попова, Б.Райзберг, В.Райхер, Л.Руденко, Д.Суворов, К.Турбіна, Н.Хохлов, Є.Фурман, Р.Юлдашев, І.Юргенс, В.Якубович та інші науковці. Розробкам сучасних моделей оцінювання фінансово-економічних і страхових ризиків присвячено наукові дослідження українських спеціалістів І.Благуна, Є.Бридуна, В.Вітлінського, В.Галіцина, В.Гейця, В.Слейка, І.Запатріної, А.Камінського, К.Ковальчука, Т.Клебанової, Г.Крамаренко, Ю.Лисенка, І.Лук'яненко, І.Ляшенка, О.Ляшенко, Л.Краснікової, А.Матвійчука, О.Пернарівського, В.Порохні, С.Пушак, О.Свістунува, В.Точиліна, В.Христіановського, О.Черняката інших.

У сучасній практиці оцінювання фінансових і, зокрема, страхових ризиків широко застосовуються методи стохастичного динамічного моделювання. Стохастичне моделювання відображає ймовірнісні процеси і події, при використанні яких,

аналізується ряд реалізацій випадкового процесу й оцінюються середні характеристики, тобто набір однорідних реалізацій¹.

Стохастичний аналіз направлений на вивчення непрямих зв'язків, тобто опосередкованих факторів (у разі неможливості визначення безперервного ланцюга прямого зв'язку). З цього випливає важливий висновок про співвідношення детермінованого і стохастичного аналізу: оскільки прямі зв'язки необхідно вивчати в першу чергу, то стохастичний аналіз виконує допоміжну функцію. Стохастичний аналіз виступає як інструмент поглиблення детермінованого аналізу факторів, за якими неможливо побудувати детерміновану модель. Стохастичне моделювання факторних систем взаємозв'язків окремих сторін господарської діяльності базується на узагальненні закономірностей варіювання значень економічних показників – кількісних характеристик факторів і результатів господарської діяльності. Кількісні параметри зв'язку виявляються на основі зіставлення значень досліджуваних показників у сукупності господарських об'єктів або періодів. Таким чином, першою передумовою стохастичного моделювання є володіння певною сукупністю спостережень, тобто можливість неодноразового виміру параметрів одного і того самого явища в різних умовах².

У стохастичному аналізі, за якого модель складається на основі сукупності емпіричних даних, передумовою отримання реальної моделі є збіг кількісних характеристик зв'язків у розрізі всіх вихідних спостережень. Це означає, що варіювання значень показників повинно відбуватися в межах однозначної визначеності якісної сторони явищ, характеристиками яких є модельовані економічні показники (у межах варіювання явища, що спостерігаються, не повинні надто відрізнятися якісно). Другою передумовою застосування стохастичного підходу моделювання зв'язків є якісна однорідність досліджуваної сукупності. У цьому випадку закономірність зміни економічних показників, що підлягають моделюванню, неявна та переплітається з випадковими з точки зору дослідження компонентами варіації та коваріації показників. За законом великих чисел тільки у великій сукупності закономірний зв'язок стійкіший за випадковий збіг напрямів варіювання. З цього випливає третя передумова стохастичного аналізу

– достатня сукупність спостережень, що дозволяє з достатньою надійністю і точністю виявити досліджувані закономірності. Рівень надійності і точності моделі визначається практичними цілями використання моделі в управлінні виробничо-господарською діяльністю. Четверта передумова стохастичного підходу – наявність методів, що дозволяють виявити кількісні параметри економічних показників з масиву даних варіювання рівня показників. Математичний апарат застосовуваних методів іноді наводить специфічні вимоги до модельованого емпіричного матеріалу. Виконання цих вимог є важливою передумовою застосування методів і достовірності отриманих результатів³.

Стохастичні квазіградієнтні алгоритми для вирішення задач неопуклої оптимізації розглядають та досліджують відомий український вчений, академік Ю.Єрмольєв⁴ та його колеги у Міжнародному інституті прикладного системного аналізу – IIASA (м. Лаксенбург, Австрія).

Так, у роботах IIASA⁵ ймовірність настання природних і створених людиною катастроф залежить від географічного розташування регіону та кластеризації його властивостей, тому можливо передбачити заходи щодо пом'якшення наслідків імовірних збитків шляхом поширення страхового покриття як на цей регіон, так і на прилеглі території. Ймовірність настання майбутніх втрат не можна розраховувати, ґрунтуючись тільки на історичних даних, тому що закономірність виникнення катастрофи у конкретному місці незначна, а от зі збільшенням місць імовірність зростає. З усіх цих причин моделювання щодо прийняття рішення про платоспроможність компанії, перестраховальні вимоги, премії, ефекти заходів із пом'якшення наслідків і диверсифікації покриттів має зважати на різні епізоди у регіоні, а комп'ютерна імітація

³ Ризики, безпека, кризи і сталий розвиток в економіці (методології, моделі, методи управління та прийняття рішень): монографія / В.В. Вітлінський та ін.; за заг. ред. проф. С.К. Рамазанова. – Луганськ, 2012. – С. 70–91.

⁴ Ermolieva T. The Design of Optimal Insurance Decisions in the Presence of Catastrophic Risks [Електронний ресурс]. – Доступний з : <http://www.iiasa.ac.at/search/publication.php?>

Ermoliev Y., Wets R. Numerical techniques of stochastic optimization // Computational Mathematics. – Berlin : Springer Verlag, 1988. – P. 75–109.

⁵ Ermolieva T., Fischer G., Ermoliev Y., Sun L. Risk-adjusted approaches for planning sustainable agricultural development // Stochastic Environmental Research and Risk Assessment. – Vienna : IIASA Journal, 2008. – P. 1–10; Norkin V. Spatial Stochastic Model for Optimization Capacity of Insurance Networks Under Dependent Catastrophic Risks [Електронний ресурс]. – Доступний з : <http://www.iiasa.ac.at/search/publication.php?>

¹ Лук'яненко І. Г., Сучасні економетричні методи у фінансах / І.Г. Лук'яненко, Ю.А. Городніченко. – К. : Литера ЛТД, 2002. – 352 с.

² Голодніков О.М. Моделювання сільськогосподарського виробництва з урахуванням ризиків / О.М.Голодніков // Методи комплексної оцінки та прогнозування стану соціально-економічної сфери України / за ред. П.С. Кнопова, І.К. Цикунова ; НАНУ ; Ін-т кібернетики – К., 2009. – С. 83–91.

допоможе наблизити його до дійсності. Для цього модель має бути географічно обумовленою та статистично достовірною.

Існуючі моделі для оцінки майбутнього катастрофічного явища спираються на метод Монте-Карло, який оперує великою кількістю подібних явищ. Якщо результати такого моделювання є незадовільними, то відповідно до сценаріїв катастроф моделюється велика їх кількість. Оскільки оцінка за методом Монте-Карло для кожної комбінації змінних займає багато часу і число таких комбінацій, як правило, нескінченне, а метод проб і помилок не може надати адекватні висновки щодо реагування на катастрофи, тому ідея ґрунтується на демонстрації можливостей просторових стохастичних моделей виникнення катастроф і оптимізації процедури підвищення географічної диверсифікації страхових договорів для поліпшення стабільності страхової сфери та підвищення страхового прибутку і забезпечення фінансового захисту населення.

Моделювання катастроф визначається високою кореляцією ризиків, які не можуть бути диверсифіковані належним чином без співпраці між страховиками. У загальному випадку залежність між можливими претензіями має комплексний характер і визначає просторові структури подій та можливі зміни у політиці страховиків. Просторові моделі наявно імітують ці залежності зі стохастичними процедурами з оптимізації та створення надійної політики дій без точної оцінки всіх ризиків, пов'язаних з нескінченними комбінаціями можливих змінних цієї політики. Важливо, що ця оцінка вимагає приблизно такої ж кількості моделювань, як і оцінка однієї комбінації змінних політики. Державне страхування розглядається як можливість фінансового захисту населення, і оптимальний розподіл покриття показує рівень державного втручання, необхідного для захисту від катастрофічних ризиків. У дослідженнях IIASA⁶ аналізуються два підходи: детермінована апроксимація стохастичної моделі та використання стохастичних процедур пошуку. Число змінних у моделі $N \times M$, де N є число страхових випадків, M – кількість осередків сітки області (яка може бути досить великою). Детерміноване наближення $N \times S$ вимагає додаткових обмежень, де S – кількість сценаріїв. Припускається, що S є великим для надзвичайних подій, тому число змінних для детермінованих наближень $MN + 2SN$ є дуже великим. Крім того, такий підхід, як збільшення розмірності, взагалі неможливо використовувати

⁶Norkin V. Spatial Stochastic Model for Optimization Capacity of Insurance Networks Under Dependent Catastrophic Risks [Електронний ресурс]. – Доступний з : <http://www.iiasa.ac.at/search/publication.php?>

для динамічних моделей стосовно неплатоспроможності або "банкрутства" страхових компаній, які неявно залежать від змінних політики. Стохастичні квазіградієнтні методи не збільшують розмір оригінальної моделі. Вони також дозволяють обходити перешкоди у вирішенні динамічних моделей інтенсивного моделювання катастрофічних подій і адаптивного коригування політики для випадкових результатів такого моделювання.

Найбільш широко використовуються так звані дворівневі лінійні моделі стохастичного програмування. У них застосовано такий алгоритм – на першому рівні моделі приймається певне рішення, що має деякі невизначені (випадкові) наслідки, які закономірно впливають на результати рішення першого етапу. На другому етапі відбувається коригування прийнятого рішення, що передбачає компенсацію небажаних (негативних) наслідків ризиків рішення першого етапу. Оптимальним рішенням для такої моделі є єдине рішення першого етапу та множина коригуючих рішень (правил) другого етапу, які визначають дії, що повинні бути виконані на другому етапі у відповідь на кожний отриманий випадковий результат (негативний наслідок) невизначеності.

Запропоновані у IIASA моделі⁷ також стосуються страхування врожаю, коли рішення фермерів про рівні охоплення страхуванням і вибір сільськогосподарських культур залишаються незмінними, при цьому фермери отримують великі субсидії в рамках премії із фіксованими платежами. Проте зростання виплат за субсидіями швидше за все сприятиме тому, що більшість фермерів прийматимуть рішення про перехід зі страхування обсягів виробництва продукції на страхування доходів. А стимулювання страхування агровиробництва може зумовити збільшення використання фермерами форвардних контрактів і поліпшення їх здатності витримувати цінові шоки протягом року.

За результатами досліджень IIASA⁸ змодельовані ситуації, за якими страхові компанії традиційно працюють на ринках, де ризики можуть бути об'єднані або диверсифіковані; ф'ючерси та опціони ринків традиційно укладаються в умовах, де ризик є системним. При цьому врожайність і відповідні доходи агровиробників від отриманого врожаю мають як системні (посухи і зниження

⁷Babcock, B.A., Frazer R., Lekakis J. Risk Management and the Environment: Agriculture in Perspective. – London : Kluwer academic publishers, 2003. – P. 67–75.

⁸Ermoliev Y., Wets R. Numerical techniques of stochastic optimization // Computational Mathematics. – Berlin : Springer Verlag, 1988. – P. 75–109; Mason, C. Systemic Risk in U.S. Crop and Revenue Insurance Programs [Електронний ресурс]. – Доступний з : <http://www.iiasa.ac.at>

цін), так і внутрішні (локалізований дефіцит врожаю) ризики. Фермери не можуть забезпечити покриття, а страхові компанії не приймають ризики, які мають системний компонент. У результаті на американських ринках розвинувся гібридний механізм страхування врожаю, коли федеральний уряд погоджується прийняти системний ризик, щоб таким чином приватні страхові компанії могли брати участь у продажах застрахованого врожаю і використовувати частину доходу як страхування агровиробників. Моделювання у рамках зазначеної постановки задачі передбачає деталізацію загального ризику страхової сфери і системних компонентів. Застосовується теорія опціонів та оцінюється можливість для хеджування системного ризику, прийнятого федеральним урядом, а також страхових полісів.

За розробленими моделями⁹ із широкого вибору страхових і маркетингових продуктів фермерам пропонуються різні стратегії з мінімізації настання страхового ризику. Комбінації інструментів управління ризиками по-різному заохочують користувача щодо захисту навколишнього середовища. Фермерам пропонується широкий спектр використання страхових продуктів у аграрній діяльності та інноваційних маркетингових стратегій, з яких можна вибрати найоптимальнішу. Аналіз проводиться з використанням динаміки цін і прибутковості агровиробництва за даними з 1976 до 1999 рр. у п'яти округах штату Айова (США). Результати моделювання показують переваги страхування врожаю, що знижує ризик втрати доходу. Крім того, за умов форвардних контрактів агровиробники матимуть певні переваги на електронних ринках.

У цьому аспекті розглядається також модель управління катастрофічними ризиками¹⁰, що бере до уваги такі ризики, як: значні взаємозалежні втрати, відсутність достовірної інформації, необхідність довготермінового географічного аналізу, а також участь економічних агентів, страховиків та уряду. Як зразок наводиться моделювання оцінки економічних втрат унаслідок сейсмічної небезпеки у Тоскані (Італія) за програмами часткової компенсації центрального уряду постраждалим і ризиків за допомогою пулу страховиків

(на основі моделі катастроф і стохастичних методів оптимізації).

У рамках досліджень IIASA запропонована модель страхування, в якій пов'язані такі фінансові інструменти, як інвестиції, дотації, ціни на товари та страхові послуги, також вона включає стохастичний елемент у вигляді погодних (атмосферних) факторів¹¹. Модель доцільно використовувати для обчислення ефектів аграрного страхування сільськогосподарського виробництва, інвестицій у сільське господарство, попиту на продукцію аграрної сфери. Очікуваними результатами є позитивні наслідки від сільськогосподарського страхування в інтересах сільськогосподарських виробників шляхом збільшення виробництва та інвестицій. Розв'язок динамічної стохастичної системи покаже оптимальний рівень страхових виплат, очікуваних у разі страхування сільськогосподарської продукції. До того ж модель є придатною для варіантного оцінювання наслідків фінансово-економічної політики держави в аграрній сфері.

Побудова стохастичної моделі з урахуванням інтересів страхувальників є надзвичайно актуальною стосовно формалізації належного покриття фінансово-економічних ризиків, тобто премій, які мають бути регулярними навіть у несприятливій сільськогосподарській роки та у період прояву кризових явищ.

Загальну постановку завдання моделювання страхових аграрних ризиків представлено формалізацією вихідних положень Концепції розвитку системи аграрного страхування в Україні на прикладі аграрного виробництва у рослинництві (рис. 1). У рамках загальної модельної конструкції сільськогосподарські товаровиробники мають максимізувати очікуваний прибуток у прогнозованому періоді (відповідно математичне сподівання I_{ij}):

$$\max \sum_{ij} EI_{ij}$$

$$I_j = \sum_{i=1}^n P_{ij} a_{ij}(\omega) x_{ij} - \sum_{i=1}^n c_{ij} x_{ij} - \sum_{i=1}^n \pi_{ij} + \sum_{i=1}^n G_{ij} + \sum_{i=1}^n l_{ij} x_{ij} \max\{0, a_{ij}^* - a_{ij}(\omega)\} P_{ij};$$

де прибуток I_j від сільськогосподарської діяльності у j -му регіоні розраховується як різниця

⁹Hart, C. Rankings of Risk Management Strategies Combining Crop Insurance Products and Marketing Positions [Електронний ресурс]. – Доступний з : <http://www.iiasa.ac.at/search/publication.php?wherewrds1>

¹⁰Ermolieva T., Fischer G., Y. Ermoliev, L. Sun Risk-adjusted approaches for planning sustainable agricultural development // Stochastic Environmental Research and Risk Assessment. – Vienna : IIASA Journal, – 2008. – P. 1–10.

¹¹Skrypnychenko, V. The role of insurance for sustainable development of agriculture in Ukraine: robust managing weather, financial, economic risks [Електронний ресурс] // YSSP IIASA Journal. – 2010. – Доступний з : http://www.iiasa.ac.at/Admin/YSSP/yssp2010/ysspabstracts_2010.pdf?sb=3

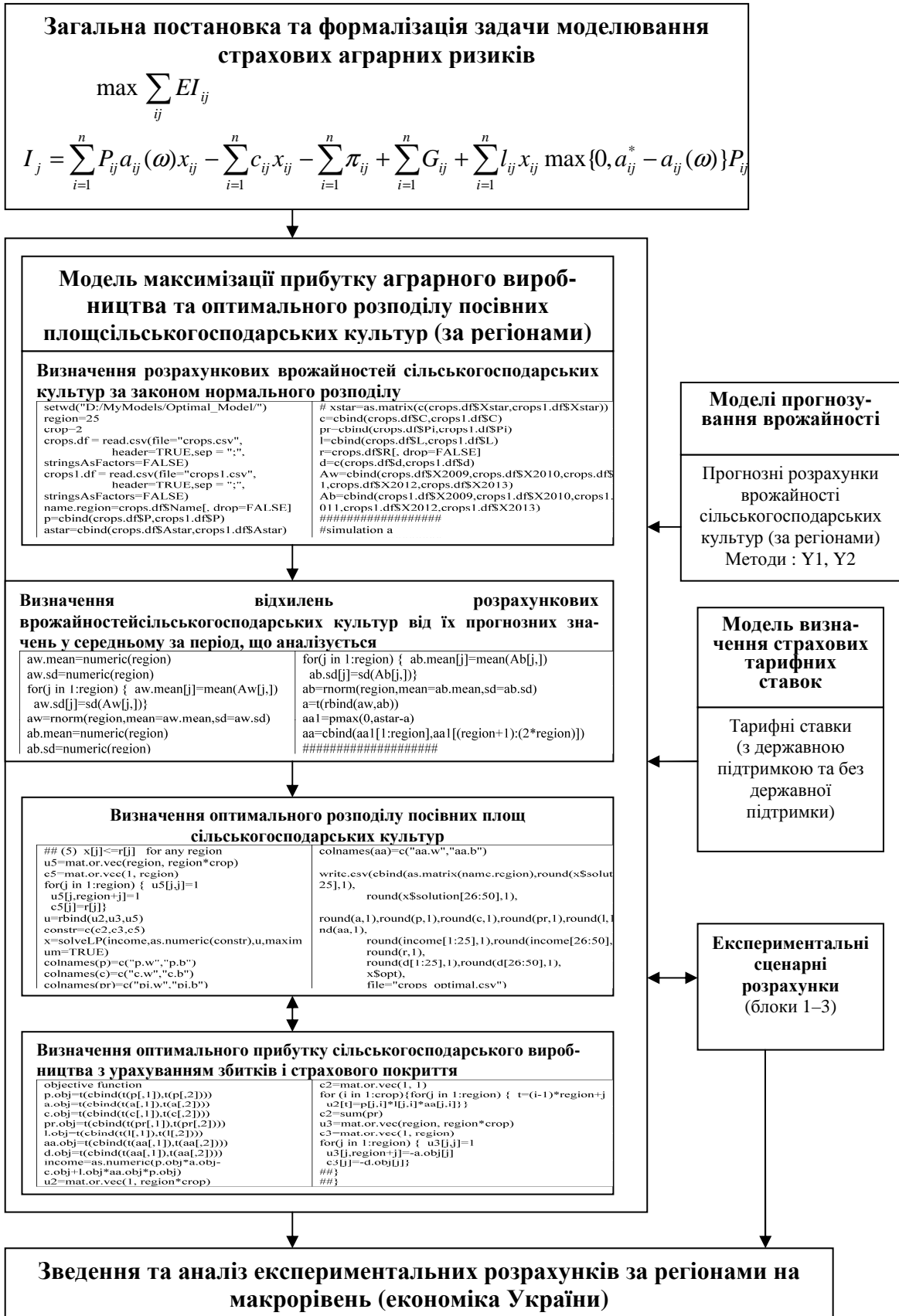


Рис. 1. Комплекс моделей оцінювання страхових аграрних ризиків і блок-схема його реалізації

Джерело: розроблено автором.

між валовим доходом (який складається з виторгу від реалізації сільськогосподарської продукції G_{ij} – державні субсидії по i -ій продукції у j -му регіоні;

l_{ij} – страхові виплати (страхове покриття у страховому випадку) по i -му продукту у j -му регіоні;

$\sum_{i=1}^n P_{ij} a_{ij}(\omega) x_{ij}$, страхових платежів, одержаних у разі неврожаю $\sum_{i=1}^n l_{ij} x_{ij} \max\{0, a_{ij}^* - a_{ij}(\omega)\} P_{ij}$, державних

субсидій $\sum_{i=1}^n G_{ij}$), витрат на виробництво

$\sum_{i=1}^n c_{ij} x_{ij}$ і страхових виплат $\sum_{i=1}^n \pi_{ij}$,

де:

I_{ij} – прибуток від виробництва i -го продукту у j -му регіоні;

P_{ij} – ціна реалізації i -ої сільськогосподарської продукції у j -ому регіоні;

$a_{ij}(\omega)$ – прогнозна (ймовірнісна) врожайність i -ої сільськогосподарської культури у j -му регіоні залежно від погодних (природно-кліматичних) умов у майбутньому періоді;

a_{ij}^* – середня врожайність i -ої сільськогосподарської культури у j -му регіоні за період, який аналізується (не менше як 5 років);

x_{ij} – посівна площа i -ої сільськогосподарської культури у j -му регіоні;

c_{ij} – витрати на виробництво i -ої сільськогосподарської культури у j -му регіоні;

π_{ij} – страхові премії по i -ій продукції у j -му регіоні; d_{ij} – необхідний рівень продовольчої забезпеченості (споживання) по i -ій сільськогосподарській продукції у j -му регіоні;

S_j – загальна посівна площа сільськогосподарських культур у j -му регіоні.

При цьому, відповідно до загальної постановки завдання, пропонуються обмеження:

– на страхову премію:

$$\Pr ob \left[\sum_i \pi_{ij} \leq P_{ij}(\omega) l_{ij} x_{ij} \max\{0, a_{ij}^* - a_{ij}(\omega)\} \right] \geq p$$

де ймовірність настання очікуваного прибутку

на певному рівні ймовірності (p) виступатиме як стимул до залучення агровиробниками фінансів, причому страхова премія не повинна бути більшою за фіксовану (прогнозну) ціну реалізації i -ої сільськогосподарської продукції у j -му регіоні;

– на діяльність страховика:

$$\Pr ob \left[\sum_{i,j} \pi_{ij} - \sum_{i,j} l_{ij} x_{ij} \max\{0, a_{ij}^* - a_{ij}(\omega)\} P_{ij}(\omega) \geq 0 \right] \geq \gamma$$

де різниця страхових премій і страхового покриття за ймовірністю (γ) має прагнути до нуля, що дозволяє утримувати баланс між надходженнями і витратами страховика (страхових компаній);

– на споживання:

$$a_{ij}(\omega) x_{ij} + l_{ij} x_{ij} \max\{0, a_{ij}^* - a_{ij}(\omega)\} \geq d_{ij},$$

де формалізується підтримання певного рівня продовольчої забезпеченості (споживання) d_{ij} через безбиткове сільськогосподарське виробництво $a_{ij}(\omega) x_{ij}$, включаючи страхове покриття

$\sum_{i=1}^n l_{ij} x_{ij} \max\{0, a_{ij}^* - a_{ij}(\omega)\} P_{ij}$ у страховому випадку;

– на посівну площу (площу сільського господарських угідь) у j -му регіоні:

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} \leq S_j; \quad x_{ij} \geq 0; \quad i = 1, \dots, n; \quad j = 1, \dots, m.$$

Наведена формальна модель показує максимізацію математичного сподівання прибутків і наслідки від агрострахування в інтересах сільськогосподарських виробників (страхове покриття) шляхом оптимізації посівних площ сільськогосподарських культур, а розв'язок динамічної стохастичної системи – рівень прибутку, очікуваний у разі страхування сільськогосподарської продукції.

Розроблений комплекс економіко-математичних моделей складається з трьох модельних блоків, а його реалізацію представлено на рис. 1. Експериментальні розрахунки виконано у програмному середовищі *R-Studio* (рис. 1).

Модель оптимізації прибутку та розподілу посівних площ сільськогосподарських культур у регіональному розрізі представлено модифікацією наведеної вище формальної стохастичної моделі, яку здійснено для комплексного врахування у цільовій функції інтересів страховиків і страхувальників у вигляді:

$$\max \sum_j \left[w_j E I_j + \alpha_j E \min \left\{ 0, \sum_i P_{ij} l_{ij} \max \{ 0, a_{ij}^* - a_{ij}(\omega) \} - \sum_i \pi_{ij} \right\} \right] + \lambda E \min \left\{ 0, \sum_{ij} \pi_{ij} - \sum_{ij} l_{ij} x_{ij} \max \{ 0, a_{ij}^* - a_{ij}(\omega) \} \right\}$$

з відповідним обмеженням

$$\sum_{i=1}^n (a_{ij}(\omega) x_{ij} + l_{ij} x_{ij} \max \{ 0, a_{ij}^* - a_{ij}(\omega) \}) \geq d_j,$$

або за лінеаризованою формою

$$\max \sum_{j=1}^m w_j \left[y_j + \beta_j \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N v_k^j \right] + \sum_{j=1}^m \alpha_j \left(\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N t_k^j \right) + \lambda \left(\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \varphi_k \right) \\ \lambda E \min \left\{ 0, \sum_{ij} \pi_{ij} - \sum_{ij} l_{ij} x_{ij} \max \{ 0, a_{ij}^* - a_{ij}(\omega) \} \right\},$$

де:

$$v_k^j \leq 0, v_k^j \leq I_j(\omega_k^j, x, z, \pi) - y_j;$$

$$t_k^j \leq 0, t_k^j \leq \sum_{i=1}^n P_{ij} l_{ij} \xi_{ij}(\omega_k) - \sum_{i=1}^n \pi_{ij}; \varphi_k \leq 0$$

$$, \varphi_k \leq \sum_{ij=1}^{n,m} \pi_{ij} - \sum_{ij=1}^{n,m} l_{ij} x_{ij} \xi(\omega_{ij});$$

$$\sum_{i=1}^n (a_{ij}(\omega) x_{ij} + l_{ij} x_{ij} \max \{ 0, a_{ij}^* - a_{ij}(\omega) \}) \geq d_j;$$

для всіх сценаріїв зміни погодних (природно-кліматичних) умов $\omega_k \in \Omega$, де $j = \overline{1:m}$, $i = \overline{1:n}$ – індекси відповідних регіонів (областей) та сільськогосподарських культур.

Запропонована стохастична динамічна модель може використовуватися для кількісного аналізу виробництва багатьох видів продукції агросфери, включати основні сільськогосподарські продукти відповідно до вимог продовольчої безпеки України та давати прогнози щодо посіву відповідних культур для отримання найбільшого прибутку.