

УДК 33:311.1:519.211:112

Дронь В. С., к.ф.-м.н., доцент,
Головне управління статистики у Чернівецькій області,
м. Чернівці

Дослідження взаємозв'язку між соціально-економічними величинами

У статті запропоновано метод встановлення взаємозв'язку між соціально-економічними величинами на основі умовно-наслідкового розкладу подій. Описано і досліджено типи зв'язків між величинами, встановленими за допомогою нового методу, вивчено співвідношення між типами. Введена типологія охоплює й узагальнює відомі типи зв'язку між величинами: функціональний і стохастичний. У роботі наведено приклади застосування нової методики.

Ключові слова: умовно-наслідковий розклад подій, соціально-економічні події, взаємозалежності між подіями, соціально-економічні величини, випадкова величина відносно події, взаємозв'язок між величинами.

В статье предложен метод определения взаимосвязи между социально-экономическими величинами на основании условно-следственного разложения событий. Наведены примеры случайной величины относительно события. Введены и упорядочены типы связи между величинами, определёнными новым методом, изучено соотношение между типами. Предложенная типология охватывает и обобщает известные типы связи между величинами: функциональную и стохастическую. В работе приведены примеры использования новой методики.

Ключевые слова: условно-следственное разложение событий, социально-экономическое событие, взаимозависимость между событиями, социально-экономическая величина, случайная величина относительно события, взаимосвязь между величинами.

In the paper a method of establishing the relationship between socio-economic values is proposed. The method is based on conditional-consequence decomposition of events. Types of relationships between values which established by the new method are described and investigated. It is studied the relation between the types. The proposed typology includes and generalizes well-known functional and stochastic types of relationship between values. In the work examples of using of new methodic are given.

Keywords: conditional-consequence decomposition of events, socio-economic event, interdependence between events, socio-economic value, random variable with respect to event, relationship between variables.

Постановка проблеми. На питаннях природи і характеру зв'язків між випадковими величинами, зокрема, між соціально-економічними показниками, акцентували увагу ряд вітчизняних та зарубіжних науковців: С. Айвазян, А. Єріна, Л. Краснікова, І. Лук'яненко, В. Мхитарян, З. Пальян, Д. Піл, Д. Тернер, Дж. Томпсон, Л. Удотова, К. Холден, Р. Шторм та інші. Проте, у цій тематиці ще немає єдиної точки зору.

На думку окремих авторів [1, с. 151] «всі соціально-економічні явища взаємопов'язані. Зв'язок між ними має причинно-наслідковий характер». Використання більшості статистичних методів дослідження залежностей базується на законах великих чисел та інших елементах теорії ймовірностей. Разом з тим, базовими елементами теорії ймовірностей є поняття «стохастичний експеримент» та «простір елементарних подій» [2; 3], що мало придатне для моделювання складних процесів і систем у соціально-економічній сфері [4, с. 15].

На даний час немає універсального методу встановлення існування та дослідження зв'язку між величинами, що характеризують соціально-економічні події.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Серед каузальних методів дослідження соціально-економічних процесів і явищ можна виділити метод умовно-наслідкового розкладу подій [5]. Метод є розвитком підходу, який Б. Гнеденко називає «найпростішою та найпоширенішою схемою встановлення закономірностей – при кожному здійсненні комплексу умов G відбувається подія A » [6, с. 14].

Умовно-наслідковий розклад полягає у поданні події (події-явища) у вигляді сукупності подій-умов, настання яких як детермінує подію та описує її природу, так і задає умови фіксації настання події. Комплекс подій-умов, що задає подію, повинен мати певні властивості: повноту, необхідність, несуперечливість, реалістичність.

Умовно-наслідковий розкладу подій має самоподібну (фрактальну структуру), адже цим методом можна розкласти і кожен з подій-умов початкової події-явища. У результаті для події-явища отримується умовно-наслідковий розклад 2-го рівня. Процес поглиблення умовно-наслідкового розкладу події можна, при потребі, продовжувати.

Багаторівневість умовно-наслідкового розкладу подій запропоновано використовувати для встановлення взаємозалежності між подіями [5, с. 7]. Між реальними чи змодельованими подіями можуть бути різні типи позитивної залежності: *умовна тотожність*, якщо у сукупності події-умови розкладів двох подій відбуваються одночасно; *безпосередня умовно-наслідкова залежність*, якщо одна подія входить у розклад 1-го рівня іншої; *опосередкована умовно-наслідкова залежність*, якщо одна подія входить у розклад деякого (крім 1-го) рівня іншої; *умовна залежність*, якщо дві події мають у своїх розкладах 1-го рівня спільну подію-умову; *умовна слабка залежність*, якщо дві події мають у своїх умовно-наслідкових розкладах деякого (не обов'язково однакового) рівня спільну подію-умову.

Також означаються варіанти негативної залежності між подіями: умовна несумісність і умовна квазі-несумісність, безпосередня і опосередкована умовно-наслідкова несумісність, а також три нейтральні форми – умовна незалежність, умовна сумісність та умовна нейтральність. Зокрема, якщо умовно-наслідкові розклади усіх рівнів для двох подій не містять жодної однакової умови-події, то такі події називаються *умовно-незалежними*.

Слово «умовний» чи «умовно» у цих та інших означеннях означає, що основна характеристика поняття визначається властивостями умовно-наслідкового розкладу подій. В [7] усі подані вище типи залежності між подіями були упорядковані за рівнем залежності – спадання позитивної залежності та зростання негативної.

Постановка завдання. Введені типи залежності між подіями доцільно використати для встановлення наявності і рівня зв'язку між величинами, що характеризують події. Важливим також є здійснення класифікації зв'язку між величинами залежно від співвідношення між відповідними подіями.

Виклад основного матеріалу. Нехай A – деяка соціально-економічна подія, що визначається сукупністю подій-умов $\{G_1, G_2, \dots, G_n\}$, а величина a (числова чи нечислова) є окремою характеристикою події A або деякого об'єкта, якого стосується подія. Відносно події-явища A (сукупності подій-умов $\{G_1, G_2, \dots, G_n\}$) величина a може бути детермінованою чи випадковою. У першому випадку настання усіх подій-умов умовно-наслідкового розкладу події A однозначно задає значення величини a .

Усі детерміновані величини відносно події A називаються **ознаками** події A [8]. Кожна подія має тривіальну ознаку – логічну величину, що набуває значення «так», коли подія настала, і значення «ні», якщо подія не відбулася. Якщо величина a є ознакою деякої події A , то вона буде також ознакою усіх умовно тотожних з A подій та подій, які безпосередньо та опосередковано умовно-наслідково залежать від події A .

Нехай величина a є нетривіальною ознакою деякої події A_a . Різним значенням a відповідають, взагалі кажучи, різні події A_a , які, як легко переконатися, є між собою умовно залежними. Події A_a при різних фіксованих значеннях своїх ознак a можуть мати різний тип залежності з певною подією B .

Величину a , яка набуває значень з деякої множини Δ і є змінною ознакою сукупності подій A_a , називають **випадковою величиною відносно події B** , якщо вона однозначно не детермінована при настанні події B та існує тип позитивної залежності, який є спільним типом залежності між B та A_a для усіх a з Δ [9]. Наприклад, роздрібна ціна a в магазині на певний товар є випадковою величиною відносно великої кількості суміжних подій. Сукупність подій A_a можна задати так: «здійснення роздрібного продажу в магазині певного товару за ціною a », а подію B так: «здійснення магазином торгівлі».

При здійсненні математичного моделювання соціально-економічних явищ та процесів з використанням методу умовно-наслідкового розкладу подій доцільно розподіляти випадкові величини відносно події на **внутрішні (ендогенні)** та **зовнішні (екзогенні)**. Такий розподіл має двоїсту об'єктивно-суб'єктивну природу. З одного боку він залежить від самої соціально-економічної системи, що досліджується, а з іншого – від мети дослідження та використаних моделей і методів, зокрема, від напрямку умовно-наслідкового розкладу події.

Наприклад, розглянемо подію A – «здійснення покупцем придбання m одиниць товару за ціною p ». Подія A має дві нетривіальні ознаки m та p . При настанні події A встановлюються значення цих ознак і вони є сталими при наступних подіях. Допоки подія A не настала, величини m та p не детерміновані (не визначені). Нехай події B – «магазин розпочав роботу» та C – «покупець зайшов у магазин для придбання товару» входять в умовно-наслідковий розклад події A . Величини m та p є випадковими величинами відносно подій B та C , причому величина m завжди буде вважатися внутрішньою (ендогенною) відносно події C , а величина p – відносно події B . Разом з тим, величина p може інтерпретуватися як внутрішньою, так і зовнішньою (екзогенною) відносно події C залежно від того, може покупець вплинути на ціну товару, чи ні, а величина m частіше вважатиметься внутрішньою випадковою величиною відносно події B , за винятком випадку, коли напевне відомо, що жоден внутрішній фактор (ціна, якість товару, обслуговування) не впливають на рішення покупця.

Якщо змінна ознака $a \in \Delta$ сукупності подій A_a є випадковою величиною відносно події B , то для усіх $a \in \Delta$ події A_a та B можуть бути пов'язані одним з таких типів залежності [9]:

- I) подія A_a безпосередньо умовно-наслідково залежить від події B ;
- II) подія A_a є умовно залежною з подією B ;
- III) подія A_a опосередковано умовно-наслідково залежить від події B ;
- IV) подія A_a є слабко умовно залежною з подією B .

Нехай ознака $a \in \Delta$ сукупності подій A_a є випадковою величиною відносно події B_β (β – деяка нетривіальна ознака події B_β) і при зміні параметра β в межах множини Ω зберігається один і той самий тип позитивної залежності між B_β та A_a для усіх $a \in \Delta$. Крім того, події A_a і B_β стосуються однієї соціально-економічної системи, їх ознаки a і β є ендогенними для цієї системи і характеризують одну й ту ж сторону системи чи деякого її об'єкта.

1. Якщо події A_α безпосередньо умовно-наслідково залежать від подій B_β , то говоритимемо, що величина $\alpha \in \Delta$ **безпосередньо умовно-стохастично пов'язана** з величиною $\beta \in \Omega$.

2. Якщо події A_α є умовно залежними з подіями B_β , то величина $\alpha \in \Delta$ **умовно-стохастично пов'язана** з величиною $\beta \in \Omega$.

3. Якщо події A_α опосередковано умовно-наслідково залежить від подій B_β , то величина $\alpha \in \Delta$ **опосередковано умовно-стохастично пов'язана** з величиною $\beta \in \Omega$.

4. Якщо події A_α є слабко умовно залежними з подіями B_β , то говоритимемо, що величина $\alpha \in \Delta$ **слабко умовно-стохастично пов'язана** з величиною $\beta \in \Omega$.

5. Якщо події A_α є умовно незалежними з подіями B_β , то величина $\alpha \in \Delta$ **не має жодного умовно-стохастичного зв'язку** з величиною $\beta \in \Omega$.

Враховуючи шкалу рівнів залежності між подіями [7], можна стверджувати, що взагалі кажучи, послідовність означених вище типів зв'язку між величинами вказана у порядку спадання рівня тісноти зв'язку (насправді, на практиці конкретний зв'язок певного типу може бути тіснішим, ніж інший конкретний зв'язок попереднього за порядком типу). Цю упорядковану типологію доцільно доповнити найсильнішим типом зв'язку – умовно-функціональним. **Умовно-функціональний зв'язок** – це зв'язок між двома ознаками даної події, або між ознаками умовно-тотожних подій, якщо ці ознаки характеризують одну й ту саму суть події(ї) чи деякого об'єкта, якого стосується подія(ї).

У праці [8] було наведено приклади окремих типів умовно-наслідкового зв'язку між соціально-економічними величинами без їх строгого означення, причому перший та третій з щойно означених типів зв'язку окремо не виділялися, а об'єднувалися з відповідним наступним типом.

Нескладно довести, що якщо величина $\alpha \in \Delta$ умовно-стохастично пов'язана з величиною $\beta \in \Omega$, то також величина $\beta \in \Omega$ буде умовно-стохастично пов'язана з величиною $\alpha \in \Delta$. Тому у такому випадку можна говорити про **умовно-стохастичний зв'язок** між величинами α та β , $\alpha \in \Delta$, $\beta \in \Omega$. Так само можна говорити про слабкий умовно-стохастичний зв'язок.

Симетричним (взаємним) є також умовно-функціональний зв'язок, адже взаємною є умовна тотожність подій. Поняття умовно-функціонального зв'язку моделює за допомогою умовно-наслідкового розкладу подій загальновідомий функціональний зв'язок. В математичних дисциплінах розглядаються функції з різними співвідношеннями між елементами області визначення та множини значень. Для соціально-економічних величин, як правило, існує взаємно-однозначна відповідність. Це означає, що для певного значення α подія A_α є умовно-тотожною тільки з однією подією B_β з певним значенням ознаки β . Кожному іншому значенню $\alpha \in \Delta$ буде відповідати деяке інше значення $\beta \in \Omega$ і, навпаки, кожному значенню $\beta \in \Omega$ відповідає єдине значення $\alpha \in \Delta$.

На відміну від трьох симетричних типів зв'язку (четвертою симетрією можна вважати відсутність умовно-стохастичного зв'язку) безпосередній умовно-стохастичний зв'язок та опосередкований умовно-стохастичний зв'язок пов'язує величини тільки в одному напрямку. Крім ілюстрації цього, також прослідкуємо чітко послаблення зв'язку, якщо рухатися від умовно-функціонального зв'язку за цими несиметричними типами.

Розглянемо дві умовно-тотожні події A_α та B_β з відповідними ознаками α та β . За означенням між ознаками α та β існує умовно-функціональний зв'язок. Також зауважимо, що величина α є детермінованою відносно події B_β , а величина β є детермінованою відносно події A_α .

Тепер сукупність подій-умов умовно-наслідкового розкладу події A_α доповнимо ще однією умовою g . Отриману нову подію $A_\alpha \cap g$ позначимо через $A'_{\alpha'}$, і нехай α' – її нетривіальна ознака. Подія $A'_{\alpha'}$, очевидно, безпосередньо

умовно-наслідково залежить як від події A_a , так і від події B_β . Величина a' не є детермінована відносно події A_a (а також відносно події B_β), вона є випадковою величиною відносно цих подій. Якщо вищезазначена залежність між $A'_{a'}$ та A_a (B_β) зберігається для усіх a' з деякої множини Δ' , то величина $a' \in \Delta'$ безпосередньо умовно-стохастично пов'язана з величинами a та β . Зворотного зв'язку немає, оскільки величини a та β детерміновані відносно події $A'_{a'}$.

Далі повторимо дії, проведені щодо події A_a , з подією $A'_{a'}$. Тобто сукупність подій-умов умовно-наслідкового розкладу події $A'_{a'}$ доповнимо ще однією умовою g' . Отриману нову подію $A'_{a'} \cap g'$ позначимо через $A''_{a''}$, де a'' – її нетривіальна ознака. Подія $A''_{a''}$, очевидно, безпосередньо умовно-наслідково залежить від події $A'_{a'}$ та опосередковано умовно-наслідково залежить як від події A_a , так і від події B_β . Величина a'' є випадковою величиною відносно подій $A'_{a'}$ та A_a, B_β . Якщо відповідні позитивні залежності між подіями зберігаються для деякої множини Δ'' , то величина $a'' \in \Delta''$ безпосередньо умовно-стохастично пов'язана з величиною a' та опосередковано умовно-стохастично пов'язана з величинами a та β . Зворотного зв'язку немає, оскільки величини a', a та β детерміновані відносно події $A''_{a''}$.

Величина $a'' \in \Delta''$, яка безпосередньо умовно-стохастично пов'язана з величиною $a' \in \Delta'$ та опосередковано умовно-стохастично пов'язана з величинами $a \in \Delta$ та $\beta \in \Omega$, також має параметрами усі інші спільні для подій $A'_{a'}$ ($a' \in \Delta'$) ознаки a'_1, a'_2, \dots , для подій A_a ($a \in \Delta$) – ознаки a_1, a_2, \dots , для подій B_β ($\beta \in \Omega$) – ознаки β_1, β_2, \dots . Оскільки при опосередкованій умовно-наслідковій залежності події найчастіше розведені у часі, то величина a'' також має часові параметри: t – час настання подій A_a та B_β і T – час настанні події $A''_{a''}$. Отже, можна у загальному задати описаний зв'язок у вигляді

$$a'' = a''(a', a, \beta; a'_1, a'_2, \dots, a_1, a_2, \dots, \beta_1, \beta_2, \dots, t, T). \quad (1)$$

На практиці рідко коли будуються чи навіть описуються залежні від усіх параметрів закони розподілу для величини a'' ; найчастіше досліджують кореляцію між величинами a'' з одного боку та a', a чи β з іншого або будують регресії $a'' = a''(a')$, $a'' = a''(a)$ чи $a'' = a''(\beta)$, не беручи до уваги інші величини та параметри.

Приклад 1. Розглянемо модельну послідовність дій коли деяка особа N здійснює оплату комунальних послуг, використовуючи свої заощадження в іноземній валюті.

1. Позначимо через A подію – «особа N здає в обмінному пункті a у.о. за курсом 1 у.о. = a_1 грн». Подія A має дві ознаки a і a_1 . Легко для події A побудувати тотожну з нею подію. Подія B – «в обмінному пункті в особи N приймають іноземну валюту на суму β грн за курсом 1 грн = β_1 у.о.» буде умовно-тотожною з подією A , коли

$$\beta_1 = 1/a_1 \text{ і } \beta = a \times a_1. \quad (2)$$

Рівності (2) задають аналітичні вирази умовно-функціонального зв'язку між величинами a, a_1, β та β_1 .

2. Опишемо наступний етап процесу у вигляду події $A'_{a'}$ – «після події A особа N з отриманої суми сплачує комунальні платежі на загальну суму a' грн». Подія $A'_{a'}$ безпосередньо умовно-наслідково залежить від події A . Величина a' є ознакою події $A'_{a'}$. Вона є випадковою величиною відносно подій A та B при $a' \in \Delta' = [0, a \times a_1] = [0, \beta]$. Величина $a' \in \Delta'$ безпосередньо умовно-стохастично пов'язана з величинами a, a_1, β та β_1 . Разом з тим, величини a, a_1, β та β_1 детерміновані відносно події $A'_{a'}$.

3. Доповнимо подію $A'_{a'}$ наступною подією-умовою g' – «після настання події $A'_{a'}$ залишок коштів особа N знову переводить в обміннику в у.о. (можна придбати тільки ціле число у.о.) за курсом a'' грн = 1 у.о., отримавши a''_1 у.о.

та задачу a''_2 грн ($a''_2 < a''$)». Отримаємо нову подію $A'_{a'} \cap g' = A''$, яка має три ознаки a'' , a''_1 та a''_2 . Всі вони є випадковими величинами відносно подій $A'_{a'}$, A та B . Справді, коли особа сплачує комунальні послуги, невідомо, за яким курсом вона буде переводити залишок в іноземну валюту і якою буде ця сума в іноземній валюті. Величини a''_1 та a''_2 за означенням безпосередньо умовно-стохастично пов'язані з величиною a' та опосередковано умовно-стохастично пов'язані з величинами a , a_1 , β та β_1 . Опишемо детальніше ці зв'язки.

Величина a''_1 (сума коштів в іноземній валюті, яка залишилася в особи після сплати комунальних послуг та другої валютної трансакції) безпосередньо умовно-стохастично пов'язана зі сплаченою сумою a' та опосередковано умовно-стохастично пов'язана з початковою наявною сумою a й обмінним курсом першої трансакції a_1 . Опосередкований умовно-стохастичний зв'язок a''_1 з ознаками події B можна окремо не виділяти завдяки формулам (2).

Подібним чином можна описати вказані зв'язки для величини a''_2 .

За означенням існує умовно-функціональний зв'язок між величинами a'' , a''_1 та a''_2 . Справді, при настанні події A'' величини a' , a та a_1 уже визначені, тому можна задати цей умовно-функціональний зв'язок в аналітичному вигляді:

$$a''_1 = (a \times a_1 - a' - a''_2) / a''.$$

Величина a'' (обмінний курс другої обмінної операції) за означенням, як говорилося вище, також є випадковою величиною відносно подій $A'_{a'}$, A та B . Справді, її значення є невідомим до настання події A'' . Проте, очевидно, ця величина є екзогенною для економічної системи з описаної послідовності подій (особи N). У межах розширеної економічної системи (залучення сфери діяльності обмінного пункту) можна констатувати опосередкований умовно-стохастичний зв'язок величини a'' з величиною a_1 (курсом першого обміну). Якщо між подіями A та A'' пройшло небагато часу (обмінні курси не змінювалися) і трансакції відбувалися в одному обмінному пункті, то вказаний опосередкований умовно-стохастичний зв'язок можна подати у вигляді: $a'' = a_1 - d$, де d – банківська обмінна маржа. Якщо фактором часу не можна нехтувати, то зв'язок можна подати у загальнішому вигляді:

$$a'' = a''(a_1, t, T), \quad (3)$$

де t – момент настання події A , T – момент настання події A'' . Формула (3) є частинним випадком загальнішої для опосередковано умовно-стохастичного зв'язку формули (1).

Фактором часу як атрибутом загальних змін у соціально-економічній системі, як правило, не можна нехтувати також при дослідженні слабко умовно-стохастично пов'язаних величин. Крім того, при дослідженні цього зв'язку, а також умовно-стохастичного зв'язку часто є корисним врахування у виразі типу (1) проміжних параметрів. Дуже ефективним для підтвердження наявності одного з цих двох симетричних типів зв'язку є дослідження супутнього зв'язку – зв'язку між величиною і проміжним параметром.

Проілюструємо це на прикладі умовно-стохастичного зв'язку.

Величина $a \in \Delta$ (ознака події A_a), яка умовно-стохастично пов'язана з величиною $\beta \in \Omega$ (ознака події B_β), також має параметрами усі ознаки $\gamma_1, \gamma_2, \dots$ події C , яка входить до умовно-наслідкових розкладів 1-го рівня усіх подій A_a ($a \in \Delta$) та B_β ($\beta \in \Omega$), тобто $a = a(\beta; \gamma_1, \gamma_2, \dots; \beta_1, \beta_2, \dots)$, де β_1, β_2, \dots – інші спільні ознаки подій B_β ($\beta \in \Omega$). Якщо підібрати ознаку γ події C таку, щоб для деякої множини Γ , кожна з подій C_γ ($\gamma \in \Gamma$) входила в умовно-наслідкові розклади 1-го рівня усіх подій A_a ($a \in \Delta$) та B_β ($\beta \in \Omega$), то отримаємо, що кожна з величин $a \in \Delta$ та $\beta \in \Omega$ пов'язані з величиною $\gamma \in \Gamma$ безпосереднім умовно-стохастичним зв'язком. Тобто для підтвердження результатів дослідження зв'язку $a = a(\beta)$, $\beta \in \Omega$, слід дослідити зв'язки $a = a(\gamma)$ та $\beta = \beta(\gamma)$, $\gamma \in \Gamma$, які і за типом і за суттю (за фізично-економічним змістом) є сильніші.

Такі міркування правильні також при дослідженні слабкого умовно-стохастичного зв'язку. При цьому потрібно досліджувати два опосередкованих умовно-стохастичних зв'язки.

Приклад 2. Розглянемо дві величини, які характеризують економічну діяльність певного регіону: R – річний обсяг реалізованої продукції (товарів, послуг) без ПДВ, тис. грн і $k_{тр}$ – кількість травмованих на виробництві впродовж року. З першого погляду непросто сказати про існування між цими величинами усталеного зв'язку.

Насправді ці величини у загальному випадку мають між собою слабкий умовно-стохастичний зв'язок, іншими словами – можуть корелювати. Справді, відповідні події, для яких ці величини є ознаками, між собою є слабо умовно-наслідково залежними, бо в їхній умовно-наслідковий розклад (глибше, ніж 1-го порядку) входить спільна подія C – «робота впродовж року в економічній системі регіону n штатних працівників» (можна сформулювати дещо іншу, але подібну за суттю з C подію). З ознакою цієї події – кількістю штатних працівників n – величини R і $k_{тр}$ пов'язані сильнішим опосередкованим умовно-стохастичним зв'язком. Тому для підтвердження тісноти слабкого умовно-стохастичного зв'язку між величинами R і $k_{тр}$, теоретично обґрунтованого методом умовно-наслідкового розкладу подій, потрібно проаналізувати тісноту зв'язку величин R і $k_{тр}$ з проміжним параметром n .

Проілюструємо ці висновки за статистичними даними за 2012 рік по шести областях західного регіону України. Для цього використаємо інформацію за показниками, які розробляє Державна служба статистики України.

Таблиця 1

Окремі соціально-економічні показники західних областей України за 2012 рік

Область	R	n_1	$k_{тр}$	n_2
Закарпатська	27531426,6	88740	84	202802
Івано-Франківська	38349906,2	95651	135	218897
Львівська	131965932,5	372044	388	516862
Тернопільська	48895265,2	83557	85	179980
Хмельницька	32888936,7	116752	203	224546
Чернівецька	13289176,6	58919	63	140599

Джерело: [10], структурні обстеження підприємств Держстатом України.

У таблиці 1 позначено показники: R – річний обсяг реалізованої підприємствами продукції (товарів, послуг) без ПДВ, тис. грн; n_1 – середня кількість працівників підприємств (середньооблікова кількість штатних працівників, середня кількість зовнішніх сумісників та працюючих за цивільно-правовими договорами), осіб; $k_{тр}$ – кількість потерпілих від нещасних випадків, які призвели до втрати працездатності на 1 робочий день чи більше, та від нещасних випадків зі смертельним наслідком, осіб; n_2 – середньооблікова кількість штатних працівників, осіб. Звернемо увагу, що перші два показники стосуються підприємств області, останні два – усіх юридичних осіб, включаючи бюджетні установи.

Сформульований вище висновок, отриманий методом умовно-наслідкового розкладу подій, про наявність слабкого умовно-стохастичного зв'язку між величинами R і $k_{тр}$ підтверджується даними по шести регіонами України з відносно подібною структурою економічної системи. Величини помітно корелюють з коефіцієнтом кореляції Пірсона 0,91. Як вище теоретично обґрунтовано, тісніший зв'язок присутній між парами R і n_1 та $k_{тр}$ і n_2 – з коефіцієнтами кореляції 0,97 та 0,96 відповідно.

Отже, варіація (мінливість) величин R і k_{TP} для обстежених областей України викликана, в першу чергу, різною чисельністю працівників у регіонах.

Для усунення цього впливу слід розглядати питомі величини R/n_1 та k_{TP}/n_2 . Легко переконатися, що між ними не помітно лінійного чи іншого зв'язку (коефіцієнт кореляції дорівнює 0,19), причому формально побудована регресійна пряма має від'ємний кутовий коефіцієнт.

Подібна до вищеописаної події C подія C' – «робота впродовж періоду T m зайнятих осіб у регіоні» входить в умовно-наслідкові розклади майже усіх подій, що описують певний результат діяльності економіки регіону, адже робоча сила є обов'язковим чинником діяльності довольної галузі. Тому випадкові відносно події C' величини, що характеризують в абсолютному вимірі результат діяльності економічної системи впродовж часу, що має спільний період з періодом T , будуть завжди між собою пов'язані слабким умовно-стохастичним зв'язком, і пов'язані з ознакою m події C' опосередкованим умовно-стохастичним зв'язком. Для оцінювання тісноти цих зв'язків доцільно використовувати крім m й інші проміжні параметри.

Вищевказане стосується і відносних величин. Але їх дослідження значно важче. Самі по собі відносні величини є на порядок складнішим рівнем абстрагування і моделювання реального світу, ніж абсолютні величини. З позиції методу умовно-наслідкового розкладу подія, ознакою якої є відносна величина, перш за все розкладається на дві події-умови з відповідними ознаками, де одна стосується чисельника, а інша – знаменника. Отже, матимемо справу з двома випадковими відносно події C' величинами, зв'язок яких з ознакою m може як підсилювати зв'язок результуючої частки (відносної величини), так і його нівелювати. Останнє проілюстровано у прикладі 2 після переходу до питомих величин.

Висновки. За допомогою умовно-наслідкового розкладу подій визначається співвідношення між довільними соціально-економічними подіями, зокрема залежності між ними, та вводиться поняття випадкової величини відносно події. Ці поняття та підходи використано у роботі для нової класифікації типів зв'язку між величинами – ознаками деяких соціально-економічних подій.

Введена класифікація типів зв'язку між величинами уніфікує підхід до загальнопоширених типів зв'язку між величинами: умовно-функціональний зв'язок є аналогом функціональної залежності між соціально-економічними величинами, безпосередній та опосередкований умовно-стохастичний зв'язки охоплюють регресійні моделі, умовно-стохастичний та слабкий умовно-стохастичний зв'язки моделюють кореляційну залежність.

Запропонований у роботі метод є підсумком одного з напрямів використання методу умовно-наслідкового розкладу подій. Встановлення взаємозалежності між подіями цим методом доцільно здійснювати на початку будь-якого дослідження соціально-економічних явищ і процесів. Продуктивним для підтвердження існування умовно-стохастичного чи слабого умовно-стохастичного зв'язку між величинами є дослідження залежності цих величин від проміжних параметрів.

Після використання запропонованої методики і підтвердження існування зв'язку між величинами можна переходити до кількісних методів дослідження, зокрема, до статистичних методів розрахунку тісноти зв'язку за допомогою регресійно-кореляційного аналізу.

Метод умовно-наслідкового розкладу подій, на якому базувалася введена у роботі класифікація типів зв'язку між величинами, може бути використаний і в інших напрямках дослідження соціально-економічних подій, наприклад, для ймовірнісної оцінки їх настання.

Список використаних джерел

1. Єріна А. М. Теорія статистики : практикум / А. М. Єріна, З. О. Пальян. – К. : Товариство «Знання», КОО, 1997. – 325 с.
2. Поддубный Г. В. Теория вероятностей и её приложение / Г. В. Поддубный. – М. : Воениздат, 1976. – 232 с.
3. Шторм Р. Теория вероятностей. Математическая статистика. Статистический контроль качества / Р. Шторм – [Пер. с нем.]. – М. : Мир, 1970. – 368 с.
4. Вітлінський В. В. Моделювання економіки : навч. посіб. / В. В. Вітлінський. – К. : КНЕУ, 2003. – 408 с.
5. Дронь В. С. Метод умовно-наслідкового розкладу встановлення взаємозалежності між соціально-економічними подіями / В. С. Дронь // Актуальні проблеми економіки. – К., 2012. – № 3. – С. 305–311.
6. Гнеденко Б. В. Курс теории вероятностей / Б. В. Гнеденко. – М. : Физматгиз, 1961. – 408 с.
7. Дронь В. С. Встановлення позитивної та негативної взаємозалежності між соціально-економічними подіями / В. С. Дронь // Економічний форум : Наук. журнал. – 2012. – № 2. – С. 523–528.
8. Дронь В. С. Встановлення взаємозв'язку між соціально-економічними величинами / В. С. Дронь // Наук.пр. Кіровоградського нац. техн. ун-ту. – 2012. – Вип. 22, ч. II. – С. 96–100.
9. Дронь В. С. Випадкова величина відносно соціально-економічної події / В. С. Дронь // Наук. вісник Буковинського держ. фінансово-економ. ун-ту.– 2014. – Вип. 26. – С. 241–257.
10. Травматизм на виробництві у 2012 році [Стат. бюлетень]. – К. : Державна служба статистики України, 2013. – 147 с.

УДК 004.032.26

Яцько О. М., Довгунь А. Я., Літвінчук Ю. А.,
Буковинський державний фінансово-економічний університет,
м. Чернівці

**Застосування деяких методів нейронних мереж
при розв'язуванні економічних задач**

У статті аналізується вплив розвитку штучного інтелекту на суспільство, можливість використання інтелектуальної продукції як товару, розглядається нейронна мережа зустрічного розповсюдження Роберта Хехт-Нільсена та для її реалізації застосування карти самоорганізації Кохонена і шару розпізнавання – вихідну зірку Гроссберга, застосування даної методики до динаміки розвитку фондового індексу S&P 500.

Ключові слова: штучний інтелект, нейронна мережа, зустрічне розповсюдження Роберта Хехт-Нільсена, карта самоорганізації Кохонена, вихідна зірка Гроссберга, фондовий індекс S&P 500.

В статье анализируется влияние развития искусственного интеллекта на общество, возможность применения интеллектуальной продукции как товара, рассматривается нейронная сеть встречного распространения Роберта Хехт-Нильсена и для ее реализации применения карты самоорганизации Кохонена и шару распознавания – исходную звезду Гроссберга, применения данной методики к динамике развития фондового индекса S&P 500.

Ключові слова: искусственный интеллект, нейронная сеть, встречное распространение Роберта Хехт-Нильсена, карта самоорганизации Кохонена, исходная звезда Гроссберга, фондовый индекс S&P 500.

The article analyzes the impact of artificial intelligence on society, the use of intellectual property as a commodity, and considers the counter-propagation of neural network by Robert Hecht-Nielsen and its implementation for the application of Kohonen self-organizing map layer and recognition - the original star Hrossberha, the application of this technique to the dynamics of the stock index S & P 500.

Keywords: artificial intelligence, neural network, counter propagation Robert Hecht-Nielsen, Kohonen self-organizing map, original star Hrossberha, stock index S&P 500.