УДК 316.2:(331.2:343.611)

БОВА Андрій Андрійович

ПРОГНОЗУВАННЯ КІЛЬКОСТІ УМИСНИХ УБИВСТВ В УКРАЇНІ ЗАЛЕЖНО ВІД РОЗМІРУ СЕРЕДНЬОЇ ЗАРПЛАТИ (ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНИЙ АСПЕКТ)

Постановка проблеми. Прогнозування майбутнього стану та структури злочинності є важливим прикладним завданням кримінології. Зіставлення соціально-економічних процесів і злочинності започатковано у Франції та Німеччині ще у XIX столітті. У сучасній науці завдяки накопиченню даних стали частіше використовуватися економетричні моделі рядів динаміки для виявлення статистичної залежності між різними видами злочинності та макроекономічними показниками (валовий внутрішній продукт, рівень інфляції, безробіття або зайнятість, економічна нерівність). Кількісні прогнози на майбутній період здійснюються за допомогою різноманітних статистичних методів: регресійного аналізу (за методом найменших квадратів, на приростах змінних, з включенням часу як незалежної змінної, з використанням ітеративної процедури Кохрейна–Оркатта), авторегресії – проінтегрованого ковзнового середнього, згладжування (включаючи непараметричний регресійний аналіз), штучних нейронних мереж, еволюційної регресії тощо [1]. Особливе місце серед технік багатовимірного статистичного аналізу посідає метод групового урахування аргументів (МГУА), розроблений українським академіком А. Г. Івахненком [2]. Сімейство алгоритмів МГУА, засноване на принципах самоорганізації та еволюції (наслідування та відбору) кращих статистичних моделей, вирішує завдання регресії, класифікації, прогнозування часових рядів (шляхом авторегресії, підгонки кривих або факторних моделей), вибору потенційних екзогенних та ендогенних змінних, необхідної довжини ряду динаміки за певної кількості змінних. МГУА використовуються як на вибірках невеликого обсягу (коротких рядах динаміки), так і на великих наборах даних, при малій або дуже великій кількості незалежних змінних, на зашумлених або неповних даних, за наявності спостережень, що різко виділяються.

Результатом роботи алгоритмів є навколооптимальне, за точністю та стійкістю результатів на нових даних (генералізацією), математичне рішення у вигляді багаточлена, що включає поліноми низьких ступенів та їх взаємодії [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. МГУА застосовується у найрізноманітніших галузях, наприклад, для виявлення фінансового шахрайства (Q. Hong та H. Changzheng), психологічній діагностиці агресивної поведінки (С. В. Бойков), прогнозуванні економічних злочинів за пошуковими запитами (А. В. Болдирєва, М. А. Александров, О. А. Кошулько). Сучасні теоретичні та прикладні аспекти МГУА розглядаються у наукових статтях спеціалізованого збірника «Індуктивне моделювання складних систем». Програмне забезпечення МГУА створено у таких країнах, як Україна (зокрема, *ASTRID*, *GMDH Shell*, *PNN Discovery Client*), Німеччина, США, Російська Федерація, Іран, Чехія, Хорватія, Італія.

Метою статті є виявлення взаємозв'язку між зміною розміру середньої зарплати у розрахунку на одну особу (за даними Державної служби статистики України) та коефіцієнтом зареєстрованих умисних убивств і замахів (за даними Державної служби статистики України та Генеральної прокуратури України) за 1985–2014 роки (тобто за 30 років), що розрахований на 100 тис. середньорічної чисельності наявного населення, й подальше прогнозування кількості вбивств із застосуванням різних реалізацій МГУА (комбінаторний алгоритм та поліноміальну нейронну мережу).

Виклад основного матеріалу. При зіставленні соціально-економічної статистики з відомостями щодо злочинності у часі виникає низка методологічних питань, які не мають однозначного вирішення. Для коректної оцінки параметрів моделі необхідно мати ряди динаміки з єдиною методологією спостереження за чисельністю населення, доходами та злочинністю. Натомість середньорічна чисельність населення України зазнала суттєвого зменшення. Так, якщо у 1985 році населення України становило 51143 тис., то у 2014 році – 45309 тис., а у червні 2015 року, внаслідок анексії Криму, – 42929,3 тис. Останній перепис у країні проведено у 2001 році, а офіційна статистика лише частково враховує міграцію великих категорій населення. Зокрема, за даними Управління ООН у справах біженців, чисельність переміщених осіб в середині країни досягла 1,3 млн, а понад одного мільйона є біженцями з України. Оціночна чисельність українських заробітчан в інших країнах світу становить не менше 1,5 млн чоловік.

За 24 роки українська держава відійшла від командно-адміністративної економіки радянського типу і сформувала ринкову модель економіки. З'явилися нові економічні інститути, суттєвої зміни зазнала структура власності та зайнятості тощо. У

цей період мінялася грошова одиниця (радянський карбованець, купонокарбованець, гривня), відбувалися кризи й економічне зростання. Для цілей нашого дослідження середньомісячна номінальна зарплата приведена до еквівалента в доларах США за офіційним курсом Державного банку СРСР та Національного банку України. До 1991 року бралися дані у радянських карбованцях відповідно до показників середньомісячної заробітної плати для призначення пенсій (які несуттєво відрізняються від звітності статистичного відомства). У квітні 1991 року були відпущені ціни, тому за цей рік розрахунки здійснювалися за комерційним банківським курсом. Визначення курсу долара США щодо радянського карбованця та зіставлення у часі носить доволі дискусійний характер. Так, наприклад, радянський карбованець обслуговував лише внутрішній ринок та не мав вільної конвертації. За період дослідження змінилася структура власності, частка найманих працівників, вартість і тарифи. Суттєвої інфляції зазнав американський долар – при купівлі однакової продукції у 2014 та 1985 роках її ціна становила відповідно 100 та 45,28 доларів США. Середня номінальна зарплата офіційно працевлаштованих працівників підприємств, установ і організацій в Україні не включає додаткові неофіційні зарплати, доходи від підприємницької діяльності та доходи заробітчан, які працюють за межами країни.

Показник рівня убивств входить до міжнародних і національних рейтингів національної безпеки та благополуччя. Між державним, відомчим і міжнародним статистичним обліком убивств існують розходження. Так, державна статистична звітність в Україні містить з 1985 року відомості щодо кількості умисних вбивств та замахів на вбивство. Статистична звітність, яку веде Генеральна прокуратура України, виокремлює з 2014 року кількість очевидних умисних вбивств. Натомість Управління ООН з наркотиків та злочинності фіксує інформацію по країнах лише щодо кількості вбивств (без вчинених замахів), а Всесвітня організація охорони здоров'я, ґрунтуючись на даних правоохоронних і медичних органів, а також результатах регресійного моделювання, – вбивства та зловмисні травми. У 2014 році кількість умисних вбивств і замахів збільшилася до 4 920 випадків (ураховуючи дані з тимчасово окупованої території Автономної Республіки Крим та м. Севастополя за січень–березень 2014 року і всі повідомлення про злочини, які вчинені на з тимчасово окупованій території та зареєстровані іншими територіальними органами досудового розслідування) насамперед у Донецькій, Луганській областях та у м. Києві. За даними ООН, на сході України з середини квітня 2014 року по вересень 2015 року було вбито щонайменше 7 962 особи.

При зіставлені рядів динаміки потрібно враховувати доступність і повноту статистичних відомостей, а при прогнозуванні – відсутність різких змін у суспільстві. Динаміка показників (пряма або зворотна) не обов'язково свідчить про їхню каузальну залежність. Одночасні зміни можуть бути випадковими, або їх взаємозв'язок може обумовлювати третій фактор (наприклад, соціальне неблагополуччя). Таким чином, прогнозування кількості умисних вбивств ґрунтується на неповній та не зовсім достовірній інформації в умовах недостатнього розвитку теоретичних концепцій про взаємозв'язок цих явищ у часі.

Мінімальне, середнє та максимальне значення середньої зарплати в Україні становило відповідно: 31,3 (1992 рік), 194,4 (середнє) та 408,3 (2013 рік) доларів США, коефіцієнта вбивств: 3,5 (1986 і 1987 роки), 7 (середнє) та 11,4 (2014 рік) злочинів на 100 тис. населення. Коефіцієнт варіації середньої зарплати – 0,67, а коефіцієнт вбивств – 0,31. Коефіцієнт кореляції Пірсона між коефіцієнтом умисних вбивств та замахів і середня зарплата становить – 0,74 ($\alpha = 0{,}01$). Збільшити точність статистичної моделі можна за допомогою включення лагових змінних, що фіксують запізнений у часі вплив регресорів на цільову змінну. Для врахування ефекту стрімкої зміни коефіцієнта очевидних вбивств і замахів *(Homicide rate – HR)*, а також середньої зарплати *(Wage – W)* та з метою підвищення точності прогнозування у програмі *KnowledgeMiner* отримано авторегресійну модель розподілених лагів (до процедури селекції включалися лаги кожної змінної за один попередній період):

$$\hat{H}\ R = 5{,}3 - 0{,}006\ W + 0{,}45\ HR\ (t-1).$$

Найбільш значимою змінною є лаг коефіцієнта вбивств. Коефіцієнт детермінації $R^2 = 0{,}64$, корінь із середньої квадратичної помилки *(RMSE)* – 1,4, середній модуль помилки *(MAPE)* – 9,03 %. Прогноз на 2015 рік за розрахунковим значенням середньої зарплати, яка була навесні 2015 року (192 долари США), становить 9,2 випадки на 100 тис. населення або в абсолютному вираженні 3 949 злочинів.

За допомогою швидкого комбінаторного алгоритму у програмі *GMDH Shell* побудовано більш складну модель (до процедури селекції включалися лаги за чотири попередні періоди змінних та корені кубічні з лагових змінних), що пов'язує значення коефіцієнта вбивств із кубічним коренем значення розміру середньої зарплати за поточний період (найбільш важлива змінна), кубічним коренем її значення, яке зсунуте на один рік назад ($t-1$), та кубічним коренем значення коефіцієнта вбивств, яке зсунуте на два роки назад ($t-2$):

$$\hat{H}\ R = 17{,}3 - 2{,}4\sqrt[3]{W} + 1{,}2\sqrt[3]{W\ (t-1)} - 1{,}6\sqrt[3]{HR\ (t-2)}.$$

Коефіцієнт детермінації $R^2 = 0{,}63$, $RMSE = 1{,}2$, $MAPE = 10{,}9$ %. Най-

більш значимою змінною (якщо її значення у моделі замінити середнім) є кубічний корінь середньої зарплати за поточний рік та за попередній рік, менш значимою – кубічний корінь з коефіцієнта вбивств, взятий з лагом у два роки.

Прогноз на 2015 рік за розрахунковим значенням середньомісячної заробітної плати становить 8,9 вбивств на 100 тис. населення. Абсолютна чисельність ймовірно становитиме 3 821 зареєстроване очевидне вбивство та замах.

Поліноміальна мережа, сформована у програмі *NeuroShell 2*, включає три незалежні змінні – середню зарплату за поточний рік (найбільш істотна змінна), середню зарплату та коефіцієнт вбивств з лагами в один рік (менш істотна змінна). Показники відповідності моделі даним – $R^2 = 0{,}88$, $RMSE = 0{,}73$, $MAPE = 8$ %. Відповідь нейронної мережі для 2015 року складає 8,7 випадків на 100 тис. населення (3 735 злочинів). Поліноміальна нейромережа, побудована програмою *DTREG*, включає взаємодію лише двох змінних – значення середньої зарплати за поточний період (найбільш істотна змінна) та її лаг. Коефіцієнт детермінації R^2=0,78, $RMSE = 1$, $MAPE = 13{,}1$ %. Прогноз на 2015 рік становить 7,7 вбивств на 100 тис. населення (в абсолютному вираженні 3 306 зареєстрованих очевидних умисних вбивств і замахів).

Висновки. МГУА порівняно з іншими багатовимірними статистичними методами має низку переваг, які полягають у відборі більш точних лінійних та нелінійних моделей на короткій вибірці зашумлених даних, за умов неповноти теоретичних знань про структуру взаємозв'язків. Результати комбінаторного алгоритму МГУА подібні до звичайної розподілено-лагової регресійної моделі, натомість поліноміальна нейронна мережа включає добуток значень лагових змінних. Статистичне моделювання показує зниження при заданих значеннях незалежних змінних кількості очевидних умисних вбивств у поточному році. Усереднений за чотирма моделями прогноз на 2015 рік складає 8,6 убивств на 100 тис. населення, а середнє абсолютне значення – 3 703 очевидних умисних вбивства та замахів (68-відсотковий довірчий інтервал становить від 3 263 до 4 121 випадків). Оскільки кримінологія допускає певну варіативність факторних моделей, рівняння залежностей можуть бути побудовані й з урахуванням інших соціально-економічних змінних.

Список використаних джерел

1 Бова А. А. Методичні аспекти кримінологічного прогнозування злочинності / А. А. Бова // Актуальні питання удосконалення діяльності органів внутрішніх справ України : матеріали XI Міжнародної спеціалізованої конферен-

ції «Зброя та безпека – 2014» та XIX Міжнародної виставки індустрії безпеки «Безпека – 2014» (24–27 верес. 2014 р.; 14–17 жовт. 2014 р.) ; Державний науково-дослідний інститут МВС України. – К. : ДНДІ МВС України, 2014 – С. 81–86.

2 Ивахненко А. Г. Индуктивный метод самоорганизации моделей сложных систем / А. Г. Ивахненко. – К. : Наукова думка, 1981. – 296 с.

3 Hybrid Self-Organizing Modeling Systems / Godfrey C. Onwubolu (Ed.). – Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2009. – 280 p.

Рецензенти:
доктор філологічних наук, професор
Л. Компанцева,
доктор філософських наук, професор
В. Остроухов

Аннотация: В статье рассматриваются проблемы прогнозирования преступности в современных условиях в Украине, которые заключаются в стремительном изменении социально-экономической ситуации, латентности социальных процессов, неполной достоверности данных и неопределенности теории. Представлены результаты прогнозирования коэффициента умышленных убийств в зависимости от изменения средней зарплаты на основе использования метода группового учета аргументов и полиномиальных нейронных сетей. Делается вывод о вероятном снижении количества зарегистрированных очевидных умышленных убийств в 2015 году. Анализ данных осуществлялся в программах *KnowledgeMiner*, *GMDH Shell*, *NeuroShell 2*, *DTREG*.

Ключевые слова: коэффициент убийств, зарплата, прогнозирование, метод группового учета аргументов, полиномиальная нейронная сеть.

Abstract: The article deals with the problems of crime forecasting in modern conditions in Ukraine, such as rapid changes of socio and economic situation, the latency of social processes, incomplete data reliability and theoretical uncertainty. The results of the homicide rate forecast depending on changes of average salary based on the use of the method of group account of arguments and polynomial neural networks are presented. The conclusion of the decrease in the number of registered explicit homicides in 2015 is drawn. Data analysis was carried out in software system *KnowledgeMiner, GMDH Shell, NeuroShell 2, DTREG*.

Key words: homicide rate, salary, forecasting, the method of group account of arguments, polynomial neural network.