

ПРАВООХОРОННА ДІЯЛЬНІСТЬ



Олена Синявська,
 доктор юридичних наук, професор,
 професор кафедри
 загальноправових дисциплін
 Харківського національного університету
 внутрішніх справ



Ольга Синявська,
 кандидат економічних наук,
 старший викладач кафедри
 економічної кібернетики
 Сумського державного університету

УДК 343.9.018:303.094

Використання методів математичного моделювання при прогнозуванні загального рівня злочинності в Україні (частина друга)*

Для побудови прогнозу загального рівня злочинності в Україні скористаємось статистичною інформацією, що надається Генеральною прокуратурою України [1]. Під загальним рівнем злочинності будемо мати на увазі усі типи кримінальних пра-

впоршень, за якими провадження направлені до суду.

Відповідно, зібравши статистичні дані, ми маємо щомісячний обсяг кримінальних правопорушень, починаючи з травня 2013 року (табл. 1).

* *Продовження.* Початок статті див.: «Публічне право». – 2017. – № 1

Таблиця 1 – Кількість злочинів в Україні.

Дата	Кількість кримінальних правопорушень
01.05.2013	18452
01.06.2013	20593
01.07.2013	19655
01.08.2013	19419
01.09.2013	27313
01.10.2013	19922
01.11.2013	19768
01.12.2013	16182
01.01.2014	15015
01.02.2014	12467
01.03.2014	16373
01.04.2014	15406
01.05.2014	14870
01.06.2014	17817
01.07.2014	15851
01.08.2014	15808
01.09.2014	16966
01.10.2014	14463
01.11.2014	14834
01.12.2014	10995
01.01.2015	11970
01.02.2015	15231
01.03.2015	18111
01.04.2015	16840
01.05.2015	16890
01.06.2015	18495
01.07.2015	11444
01.08.2015	16607
01.09.2015	20288
01.10.2015	14868
01.11.2015	11149

Публічне право № 2 (26) (2017)

Дата	Кількість кримінальних правопорушень
01.12.2015	10743
01.01.2016	7935
01.02.2016	11547
01.03.2016	13921
01.04.2016	13223
01.05.2016	13551
01.06.2016	14520
01.07.2016	13484
01.08.2016	12312
01.09.2016	15211
01.10.2016	13208
01.11.2016	12867
01.12.2016	12332

Представимо даний часовий ряд у графічному вигляді та проведемо попередній аналіз часового ряду, який описує динаміку зміни кримінальних правопорушень в Україні (рис. 1).

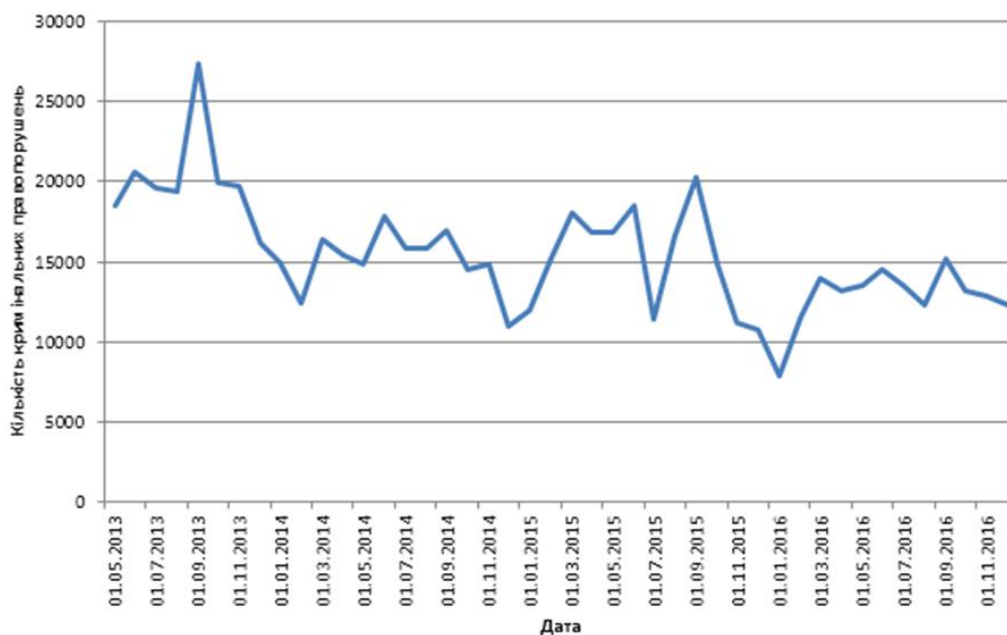


Рисунок 1 – Кількість кримінальних правопорушень в Україні

Як було зазначено, для застосування математичного апарату до часового ряду необхідно виконання 4 умов:

- порівнянність – усі рівні досліджуваного часового ряду мають однакову одиницю виміру;

- однорідність – дану характеристику часового ряду перевіряємо за допомогою методу Ірвіна (розрахунки приведено у табл. 2);

Таблиця 2 – Перевірка рівнів ряду на однорідність

Дата	Кількість кримінальних правопорушень	λ_t
01.05.2013	18452	0,62
01.06.2013	20593	0,27
01.07.2013	19655	0,07
01.08.2013	19419	1,28
01.09.2013	27313	1,13
01.10.2013	19922	0,04
01.11.2013	19768	1,03
01.12.2013	16182	0,34
01.01.2014	15015	0,74
01.02.2014	12467	1,13
01.03.2014	16373	0,28
01.04.2014	15406	0,15
01.05.2014	14870	0,85
01.06.2014	17817	0,57
01.07.2014	15851	0,01
01.08.2014	15808	0,33
01.09.2014	16966	0,72
01.10.2014	14463	0,11
01.11.2014	14834	1,11
01.12.2014	10995	0,28
01.01.2015	11970	0,94
01.02.2015	15231	0,83
01.03.2015	18111	0,37
01.04.2015	16840	0,01
01.05.2015	16890	0,46
01.06.2015	18495	1,03
01.07.2015	11444	1,49
01.08.2015	16607	1,06
01.09.2015	20288	1,56
01.10.2015	14868	1,07
01.11.2015	11149	0,12
01.12.2015	10743	0,81
01.01.2016	7935	1,04
01.02.2016	11547	0,68

Дата	Кількість кримінальних правопорушень	λ_t
01.03.2016	13921	0,20
01.04.2016	13223	0,09
01.05.2016	13551	0,28
01.06.2016	14520	0,30
01.07.2016	13484	0,34
01.08.2016	12312	0,84
01.09.2016	15211	0,58
01.10.2016	13208	0,62
01.11.2016	12867	0,77
01.12.2016	12332	0,81

Отримані значення λ_t порівнюємо з табличним значенням (для 44 спостережень критичне значення критерію Ірвіна дорівнює 1,6). Можна побачити, що жодне із розрахункових значень не перевищує критичне, отже ряд не має аномальних рівнів.

- сталість – під час проведення аналізу графіку часового ряду (рис. 1) можна побачити, що зміна рівнів ряду не є хаотичною та можна побачити загальну лінійну тенденцію (загальне зменшення рівня кримінальних правопорушень);

- достатня сукупність спостережень – зважаючи на те, що ми маємо 44 спостереження у початковому часовому ряді, то для того, щоб отримати адекватний прогноз, побудуємо його на 4 періоди вперед (тобто на 4 місяці). Таким чином, ми матимемо і достатню сукупність спостережень для побудови прогнозу, і вірно обраний горизонт прогнозування.

Зважаючи на те, що початковий часовий ряд відповідає усім чотирьом необхідним параметрам, можна переходити безпосередньо до проведення моделювання.

Перш за все, побудуємо модель подвійного експоненційного згладжування. Для її побудови скористаємось формулою:

$$\hat{Y}_n = (1 - \alpha)Y_n + \alpha\hat{Y}_{n-1} \quad (2.1)$$

де Y_n – фактичний рівень ряду початкових даних;

\hat{Y}_{n-1} – попередній рівень ряду за методом експоненційного згладжування.

За даним співвідношенням буде отримано модель експоненційного згладжування, яку ми на наступному кроці обираємо як ряд початкових значень та застосовуємо знову ж дане співвідношення.

Таким чином, було отримано дані за моделлю подвійного експоненційного згладжування (табл. 3).

Таблиця 3 – Результат застосування моделі подвійного експоненційного згладжування

Дата	Номер рівня ряду	Кількість кримінальних правопорушень	Експоненційне згладжування	Подвійне експоненційне згладжування
01.05.2013	1	18452	18452,00	18452,00
01.06.2013	2	20593	20164,80	19822,24

Використання методів математичного моделювання при прогнозуванні. . .

Дата	Номер рівня ряду	Кількість кримі- нальних право- порушень	Експоненційне згладжування	Подвійне експо- ненційне згладжування
01.07.2013	3	19655	19756,96	19770,02
01.08.2013	4	19419	19486,59	19543,28
01.09.2013	5	27313	25747,72	24506,83
01.10.2013	6	19922	21087,14	21771,08
01.11.2013	7	19768	20031,83	20379,68
01.12.2013	8	16182	16951,97	17637,51
01.01.2014	9	15015	15402,39	15849,42
01.02.2014	10	12467	13054,08	13613,15
01.03.2014	11	16373	15709,22	15290,00
01.04.2014	12	15406	15466,64	15431,31
01.05.2014	13	14870	14989,33	15077,73
01.06.2014	14	17817	17251,47	16816,72
01.07.2014	15	15851	16131,09	16268,22
01.08.2014	16	15808	15872,62	15951,74
01.09.2014	17	16966	16747,32	16588,21
01.10.2014	18	14463	14919,86	15253,53
01.11.2014	19	14834	14851,17	14931,64
01.12.2014	20	10995	11766,23	12399,32
01.01.2015	21	11970	11929,25	12023,26
01.02.2015	22	15231	14570,65	14061,17
01.03.2015	23	18111	17402,93	16734,58
01.04.2015	24	16840	16952,59	16908,98
01.05.2015	25	16890	16902,52	16903,81
01.06.2015	26	18495	18176,50	17921,96
01.07.2015	27	11444	12790,50	13816,79
01.08.2015	28	16607	15843,70	15438,32
01.09.2015	29	20288	19399,14	18606,98
01.10.2015	30	14868	15774,23	16340,78
01.11.2015	31	11149	12074,05	12927,39
01.12.2015	32	10743	11009,21	11392,85
01.01.2016	33	7935	8549,84	9118,44

Дата	Номер рівня ряду	Кількість кримінальних правопорушень	Експоненційне згладжування	Подвійне експоненційне згладжування
01.02.2016	34	11547	10947,57	10581,74
01.03.2016	35	13921	13326,31	12777,40
01.04.2016	36	13223	13243,66	13150,41
01.05.2016	37	13551	13489,53	13421,71
01.06.2016	38	14520	14313,91	14135,47
01.07.2016	39	13484	13649,98	13747,08
01.08.2016	40	12312	12579,60	12813,09
01.09.2016	41	15211	14684,72	14310,39
01.10.2016	42	13208	13503,34	13664,75
01.11.2016	43	12867	12994,27	13128,37
01.12.2016	44	12332	12464,45	12597,24

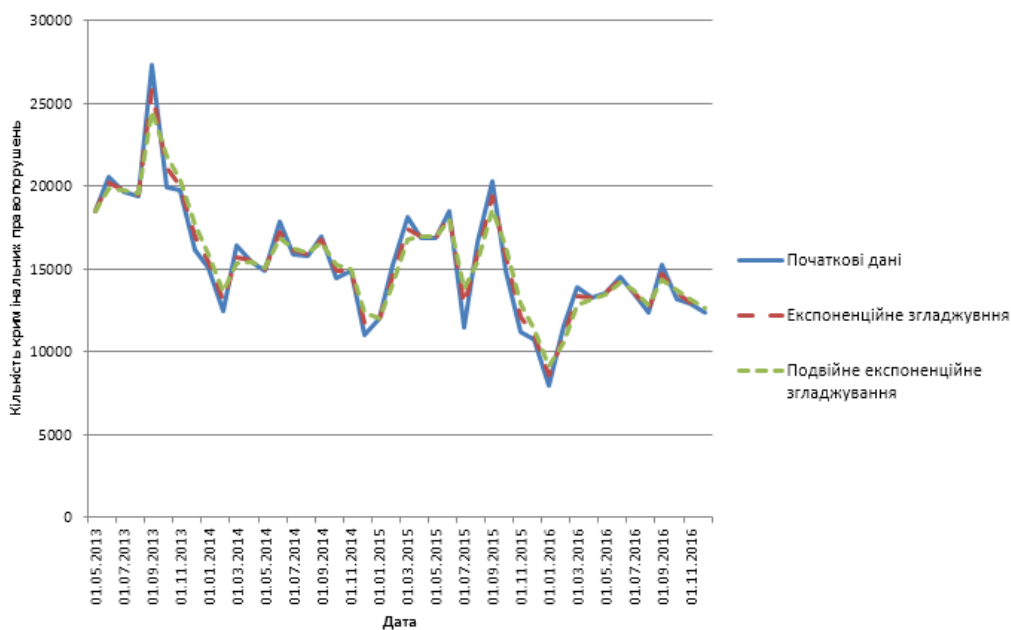


Рисунок 2 – Побудова моделі подвійного експоненційного згладжування

Представимо побудовану модель у графічному вигляді (рис. 2).

З рис. 2 можна побачити, що побудовані моделі експоненційного згладжування (як першого, так і другого порядку) є доволі точними, так як достатньо близько відобра-

жають тенденції зміни ряду початкових даних, що свідчить про те, що побудована модель є, також, і адекватною. Така побудована модель дозволяє будувати прогноз на основі моделі Брауна.

Отже, перейдемо до прогнозування загального рівня злочинності за допомогою моделі Брауна.

Модель Брауна визначається наступною формулою:

$$\hat{Y}_{n+1} = \hat{Y}_n + \frac{\hat{Y}_n' - \hat{Y}_n''}{\alpha} \quad (2.2)$$

де \hat{Y}_n' – фактичний рівень ряду, отриманий за методом експоненційного згладжування;

\hat{Y}_n'' – фактичний рівень ряду, отриманий за методом подвійного експоненційного згладжування;

Y_{n+1} – наступний розрахунковий рівень ряду;

α – розрахунковий коефіцієнт (зазвичай, приймається рівним 0,2).

Застосуємо дане співвідношення до розрахованого ряду даних, отриманого на основі методу подвійного експоненційного згладжування. Результати розрахунків наведено у табл. 4.

Таблиця 4 – Результат розрахунків за моделлю Брауна

Дата	Кількість кримінальних правопорушень (початкові дані)	Модель Брауна
01.05.2013	18452	-
01.06.2013	20593	18452
01.07.2013	19655	21877
01.08.2013	19419	19691
01.09.2013	27313	19203
01.10.2013	19922	31952
01.11.2013	19768	17667
01.12.2013	16182	18292
01.01.2014	15015	13524
01.02.2014	12467	13167
01.03.2014	16373	10258
01.04.2014	15406	17805
01.05.2014	14870	15643,
01.06.2014	17817	14547
01.07.2014	15851	19425
01.08.2014	15808	15445
01.09.2014	16966	15477
01.10.2014	14463	17542
01.11.2014	14834	13251
01.12.2014	10995	14448
01.01.2015	11970	8600
01.02.2015	15231	11459
01.03.2015	18111	17118
01.04.2015	16840	20744
01.05.2015	16890	17170
01.06.2015	18495	16896
01.07.2015	11444	19449

Публічне право № 2 (26) (2017)

Дата	Кількість кримінальних правопорушень (початкові дані)	Модель Брауна
01.08.2015	16607	7659
01.09.2015	20288	17870
01.10.2015	14868	23359
01.11.2015	11149	12941
01.12.2015	10743	7807
01.01.2016	7935	9091
01.02.2016	11547	5706
01.03.2016	13921	12776
01.04.2016	13223	16070
01.05.2016	13551	13709
01.06.2016	14520	13828
01.07.2016	13484	15206
01.08.2016	12312	13164
01.09.2016	15211	11412
01.10.2016	13208	16556
01.11.2016	12867	12696
01.12.2016	12332	12324

Представимо побудовану модель у графічному вигляді та порівняємо її з початковими даними (рис. 3).

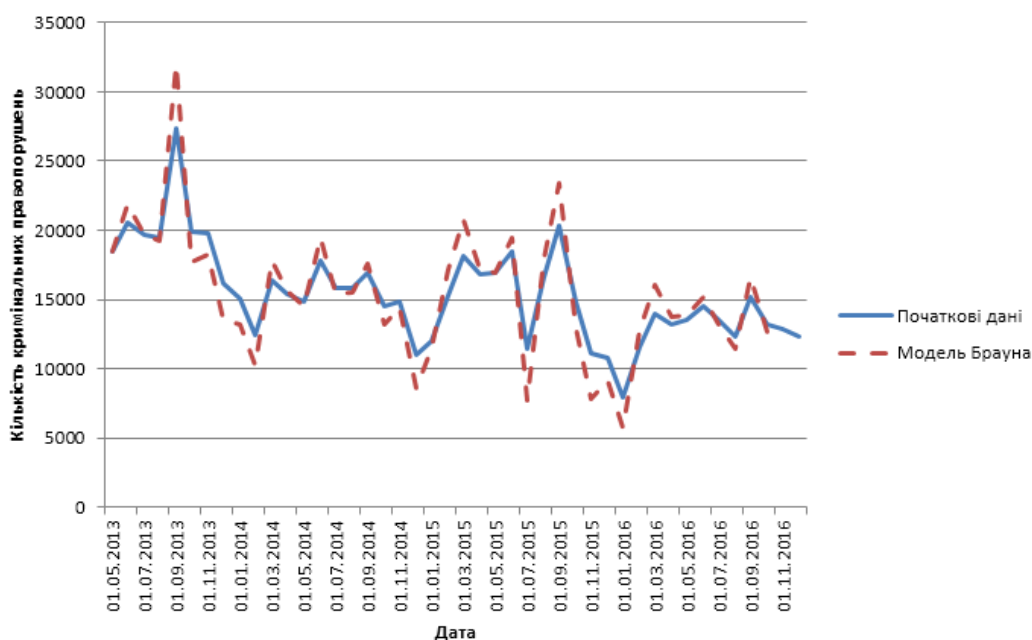


Рисунок 3 – Порівняння початкових даних та побудованої моделі Брауна

З отриманих значень та графіку можна побачити, що прогнозна модель Брауна чітко повторює зміни початкових значень, що свідчить про те, що модель є достатньо точною і придатна для побудови прогнозу.

Але, перш ніж перейти до побудови прогнозу, перевіримо, чи дійсно побудована модель є точною. Ми можемо робити висновки лише порівнюючи фактичні значення та розраховані за моделлю Брауна, а також порівнюючи їх графічно. Але, необхідно бути упевненими в тому, що побудована модель є точною. Для цього, як зазначалось раніше, використовується коефіцієнт Тейла:

$$U = \frac{\sqrt{\sum (Y'_n - Y_n)^2 / h}}{\sqrt{\frac{1}{h} \sum_{n=1}^h Y_n^2 + \frac{1}{h} \sum_{n=1}^h \hat{Y}_n^2}}, \quad (2.3)$$

де h – крок прогнозування;

Розрахуємо коефіцієнт Тейла для отриманих значень. У данному дослідженні він виявився рівним 0,13, що є близьким до нуля. Як було зазначено, близькість коефіцієнта

Тейла до нуля свідчить про точність побудованої моделі.

Так як побудована модель Брауна виявилась точною, можна переходити безпосередньо до прогнозування загального рівня злочинності в Україні.

Прогноз на h кроків вперед визначається за формулою:

$$P_{n+h} = \hat{Y}'_n + (\hat{Y}'_n - \hat{Y}''_n) \left(1 + \frac{h(1-\alpha)}{\alpha}\right), \quad (2.4)$$

де P_{n+h} – прогноз на h кроків вперед;

h – крок прогнозування.

У ході попереднього аналізу часового ряду було визначено, що прогноз буде будуватись на 4 періоди вперед, зважаючи на кількість зібраних початкових даних. Отже, при застосуванні співвідношення (2.4) визначено, що у січні 2017 року кількість злочинів складе 12437, у лютому 2017 року – 12449, у березні 2017 року – 12454, у квітні 2017 року – 12456 кримінальних правопорушень.

Представимо отримані результати у графічному вигляді (рис. 4).

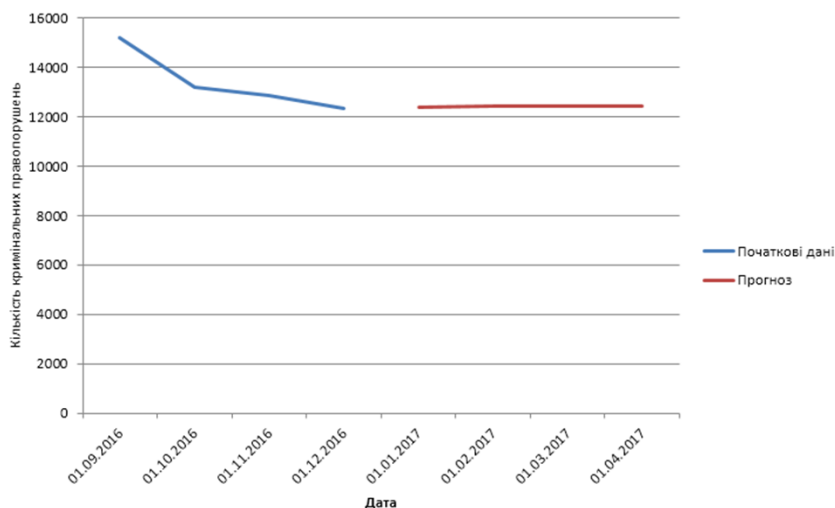


Рисунок 4 – Побудований прогноз

Таким чином, в ході дослідження було побудовано прогноз загального рівня злочинності в Україні за моделлю Брауна. За результатами прогнозування отримано, що у січні 2017 року кількість злочинів складе 12437, у лютому 2017 року – 12449, у березні 2017 року – 12454, у квітні 2017 року – 12456 кримінальних правопорушень.

Отже, нами було розраховано кримінологічний прогноз за статистичними даними для загальної кількості кримінальних правопорушень.

Прогнозування було проведено на основі моделей подвійного експо-

ненційного згладжування та моделі Брауна. Побудовану модель було перевірено на точність за допомогою коефіцієнта Тейла. Усі моделі виявилися точними, що дає змогу використовувати їх з метою кримінологічного прогнозування. Крім того, за цими моделями можна розраховувати не тільки кримінологічний прогноз загального рівня злочинності, а й інші кримінологічні прогнози, наприклад, прогноз для групової та рецидивної злочинної поведінки в Україні тощо.

Список використаних джерел

1. *Офіційний* веб-портал Генеральної прокуратури України: [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.gp.gov.ua/>.

Синявська О. Ю., Синявська О. О. Використання методів математичного моделювання при прогнозуванні загального рівня злочинності в Україні

У статті проаналізовано стан загального рівня злочинності в Україні. Проведено математичне моделювання показника на основі моделі експоненційного згладжування. Побудовано прогноз загального рівня злочинності в Україні за моделлю Брауна.

Ключові слова: кримінологічне прогнозування, метод прогнозування, модель, математичне моделювання, рівень злочинності.

Синявская Е. Е., Синявская О. А. Использование методов математического моделирования при прогнозировании общего уровня преступности в Украине

В статье проанализировано состояние общего уровня преступности в Украине. Проведено математическое моделирование показателя на основе модели экспоненциального сглаживания. Построен прогноз общего уровня преступности в Украине по модели Брауна.

Ключевые слова: кримінологическое прогнозирование, метод прогнозирования, модель, математическое моделирование, уровень преступности.

Syniavska O., Syniavska O. Using the methods of mathematical modeling for forecasting the overall level of crime in Ukraine

The article analyzes the state of the overall level of crime in Ukraine. Mathematical modeling based on the model of exponential smoothing is made. The forecast of the overall level of crime in Ukraine based on the model of Brown is made.

Key words: criminological forecasting, forecasting method, model, mathematical modeling, crime rate.