L. Anisimova, A. Glybovets, O. Subota

MODELING EXCHANGE PROCESSES USING AGENT APPROACH

Considered basic approaches to problem solving research exchange activities of market-based maker of building agent models Multi-agent systems technology is still in a formative stage. Ongoing active research in theoretical foundations for the formalization of the basic concepts and components of systems, especially in the formalization of mental concepts, working with poorly structured or defined concepts. Creating effective working real applications requires considerable effort in creating the specialized methods of cooperative problem solving agents, methods of negotiation in resolving conflicts and creating the appropriate protocols in multi-agent systems. These results can be used for modeling exchange processes and problems such as «electronic market place». Consider the basic approaches to problem solving research exchange activities on the basis of building agent models.

УДК 519.651

Дегтярьова К. Л., Попов В. В., Тригуб О. С.

ПОБУДОВА КРИВОЇ ДОХІДНОСТІ

Розглянуто сучасні методи наближень одного з показників банківської діяльності – кривої дохідності. Обґрунтовано використання кубічних сплайн-функцій у задачі наближення цих кривих. Представлено чисельні розрахунки та аналіз отриманих результатів.

Основні поняття

Крива дохідності (yield curve) – це відношення прибутку з цінних паперів до їх строку погашення. Простіше кажучи, це функція, яка залежить від часу та повертає процентну ставку. Крива дохідності має безліч застосувань в банківській практиці, наприклад, як оцінка прибутковості та розрахунку ризику різноманітних цінних паперів.

Звичайно крива дохідності має таку властивість: чим більший час, тим вища дохідність. Це цілком закономірно: якщо ви кладете гроші на депозит на довший термін – ви отримуєте більший прибуток. Такий принцип є, очевидно, застосовним і до інших банківських продуктів. Проте трапляються і обернені ситуації – це пов'язано з загальним становищем на фінансовому ринку.

Отже, розрізняють такі типи кривої дохідності:

1. **Нормальна.** Це крива, що має вище згадану властивість: чим більший строк, тим вищий процент. Така крива відображає припущення про збільшення економічного розвитку в майбутньому, тому характерна для розвинутих та стабільних економічних систем, рис. 1.

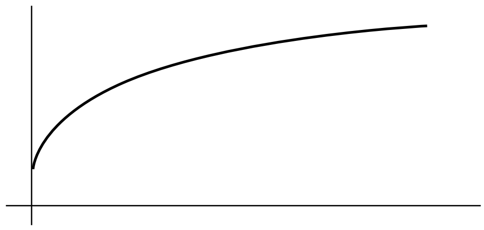

Рис. 1.

2. **Плоска, або «горбата».** Це крива, що має таку властивість: ставки для всіх строків однакові, або ставки для середніх строків більші, ніж для коротких і тривалих. Така форма кривої дохідності свідчить про непевність економічних процесів, рис. 2.

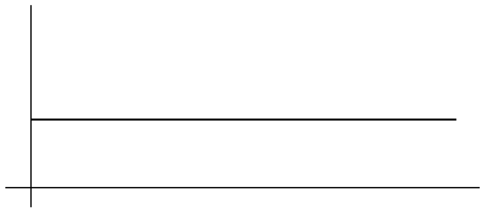

Рис. 2.

3. **Обернена.** Це крива, що має властивість, обернену для нормальної: чим більший строк,

тим менша процентна ставка. Очевидно, це свідчить про очікування погіршення економічної ситуації у майбутньому, див. рис. 3.

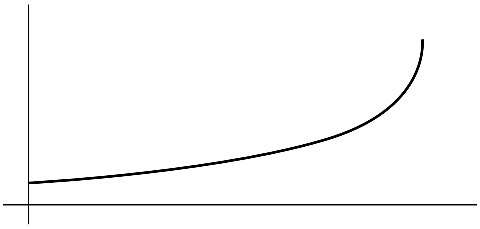

Рис. 3.

В реаліях життя (особливо українського) крива дохідності рідко належить до якогось одного типу, частіше зустрічаються випадки, коли один сегмент кривої має нормальний вигляд, інший – обернений і т. д.

Зазвичай вся крива заздалегідь невідома, відомі лише ставки на фіксовані терміни: день, місяць, рік і т. д. Для визначення всієї кривої використовуються різноманітні методи оцінки та інтерполяції. Очевидно, що для різних типів кривих доцільно використовувати свої специфічні інтерполяційні методи. Доцільно також припустити, що для «правильних» кривих, тобто таких, що точно належать до одного з типів, ці методи будуть простіші (наприклад, для нормальної кривої можна застосовувати наближення експоненціальною функцією), тоді як для кривих з особливостями – раптовими падіннями або підйомами процентних ставок – методи ускладнюються, і часто необхідним буває особливий підхід та аналіз кожної окремої ситуації.

Розглянемо криву, що містить такі особливості, та спробуємо її інтерполювати.

Побудова кривої дохідності

Поставимо задачу формальною математичною мовою. Нехай $\{x_i, y_i\}$, $i = 0, ..., n$, – множина точок площини R^2, відповідно x_i – це дні, y_i – ставки. Наша мета – якомога точніше провести криву $y = f(x)$, яка проходить через задані точки (як буде видно пізніше – не обов'язково проходить, досить того, що кожна точка має певний вплив на загальну форму кривої).

Найпростіше, що можна зробити – використати лінійну інтерполяцію, тобто просто з'єднати задані точки відрізками прямої. Очевидно, такий спосіб має безліч недоліків.

Ще один варіант – використовувати інтерполювання таким поліномом:

$$P_n(t) = a_0 + a_1 t + \ldots + a_{n-1} t^{n-1} + a_n t^n,$$

де відповідні коефіцієнти визначаються з матриці:

$$\begin{bmatrix} 1 & \ldots & x_0^n \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & \ldots & x_n^n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ \vdots \\ a_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}$$

Цю матрицю називають матрицею Вандермонда. Недолік цього методу полягає в тому, що у багатьох випадках, особливо для поліномів великої степені, матриця виявляється погано обумовленою.

Інший підхід – використати інтерполяцію поліномами Лагранжа. Тут на заваді стає велика кількість обчислень, які необхідно зробити для визначення полінома, та непередбачувані коливання полінома.

Тому спробуємо використати інтерполювання сплайнами і визначити переваги та недоліки такого підходу.

Нагадаємо, що сплайном S_{pq} степеня p і дефекту q називається вираз:

$$S_{pq} = \sum_{j=0}^{p} a_{ij}\,(x - x_{i-1})^j, \quad x \in \Delta_i = [x_{i-1}, x_i].$$

Ми будемо використовувати найбільш поширений варіант сплайна: $q = 1$, $p = 3$ – кубічний сплайн дефекту 1.

Для побудови сплайна використаємо крайову умову на другу похідну: покладемо її рівною нулеві.

Застосувавши сплайн для інтерполювання такого набору даних:

1	0,04419
7	0,04423
14	0,04428
31	0,04495
61	0,04602
92	0,04755
123	0,04786
152	0,04788

183	0,04793
213	0,04796
244	0,04798
274	0,04799
305	0,04803
336	0,04805
360	0,04807
720	0,045135
1080	0,04483

1440	0,044795
1800	0,044975
2160	0,04503
2520	0,04533
2880	0,04549
3240	0,04579
3600	0,046115
3960	0,04639

отримаємо такий результат, див. рис. 4:

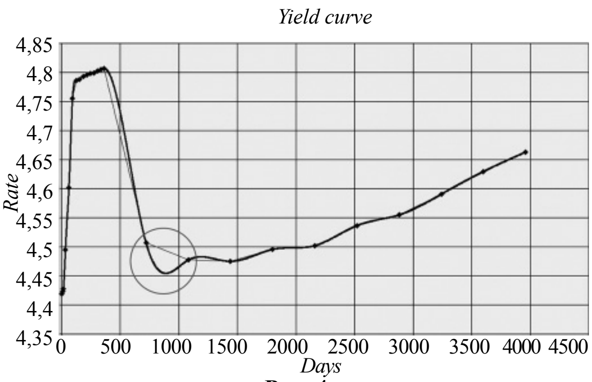

Рис. 4.

Увагу одразу привертає вигин кривої між точками 720 і 1080. Зауважимо, що цей вигин порівняно з реальною ситуацією дещо викривлено на малюнку: це пов'язано з масштабом відображення графіку отриманої функції: на осі *x* позначено дні, ціна поділки 500 днів, на осі *y* – процентні ставки, і ціна поділки тут лише 0,05 %. Тобто реально відхилення кривої сплайна від лінійної інтерполяції (яку ми будемо використовувати для оцінки похибки сплайна) становить близько 0,04 %. Наскільки велика помилка? Беручи до уваги, що суми, з якими звичайно мають справу «середні» банки, сягають порядку декількох сотень мільйонів доларів, різниця під час зміни процентної ставки на 0.04 % становитиме число порядку декількох десятків тисяч доларів, що досить суттєво.

Згадаємо, що сплайн визначається своїми значеннями та похідними в контрольних точках. Причому похідні визначаються таким чином, щоб кубічний сплайн належав класу C^2 двічі неперервних функцій. З огляду на ці обставини, форма отриманої кривої виглядає цілком логічно. Однак така похибка неприпустима для банківських розрахунків. Спробуємо знайти інший вихід.

Відмовимося від вимоги належності сплайна до класу двічі диференційованих функцій, та спробуємо визначити похідні сплайна в контрольних точках іншим чином.

Нехай d_i – похідна відрізку прямої $[x_{i-1}, x_i]$ лінійної інтерполяції. Визначимо похідні сплайна m_i так:

$$m_i = \frac{d_i + d_{i+1}}{2}, \ i = 1, \dots, n-1,$$
$$m_0 = d_1, \ m_n = d_n.$$

Результат буде таким, рис. 5:

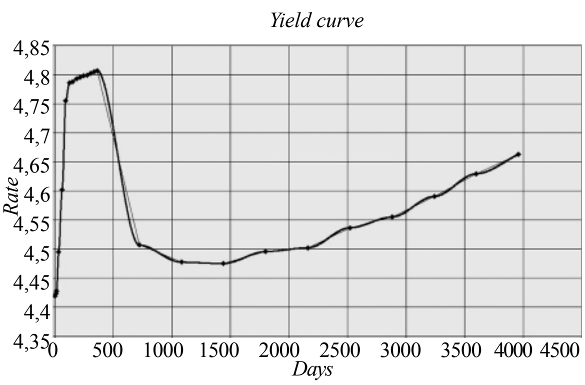

Рис. 5.

Як видно з рис. 5, ситуація в цілому краща, проте з'явилися небажані коливання кривої.

Можна запропонувати ще більш специфічний варіант: виправити похідну вищевказаним чином лише у тих точках, де виникають проблеми. Проробивши цю ситуацію, отримаємо:

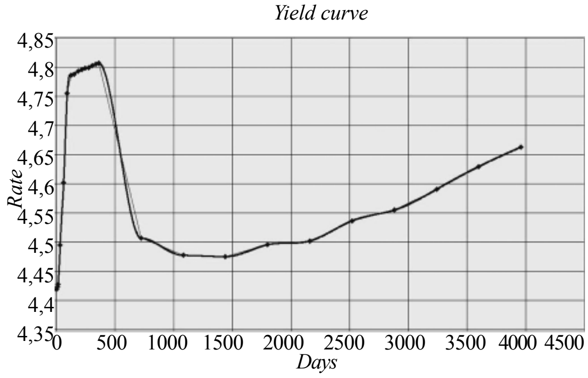

Рис. 6.

Ситуація видається взагалі прекрасною, та проте є один недолік: в точках, де ми «виправили» похідну, крива має зміну опуклості. Наразі ця зміна незначна, але чи буде так завжди?

Пропонуємо розглянути також абсолютно інший підхід до побудови кривої дохідності: не будемо тепер вимагати, щоб крива проходила через контрольні точки. Цей підхід виправдовується тим, що насправді наші процентні ставки є деякою мірою припущенням, і у майбутньому можуть змінитися. Тож дані містять помилки. Використаємо у цьому випадку b-сплайни, див. рис. 7:

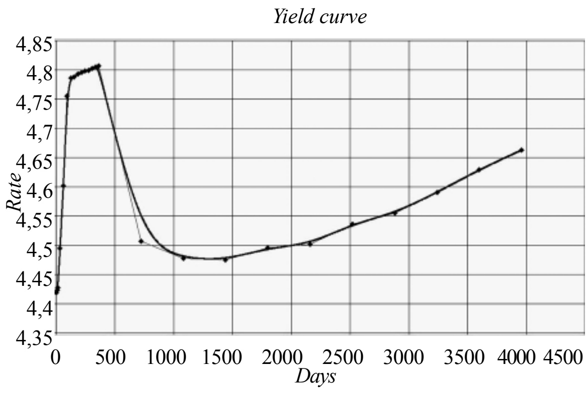

Рис. 7.

Проробивши таке дослідження, можна дійти висновку, що простих методів інтерполювання та наближення замало. Зараз популярні більш складні моделі, які базуються на застосуванні *b*-сплайнових моделей, поєднуючи їх з методом найменших квадратів (наприклад, модель Мак-Калоха (McCulloch model)).

Слід також зазначити, що часто на практиці необхідно знати не так процентну ставку, як ставку дисконтування *d*, котра залежить від процентної ставки *r*:

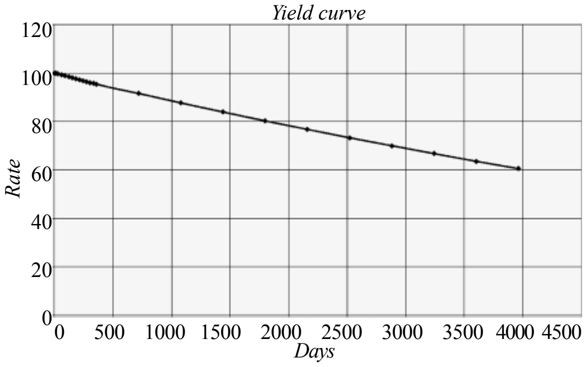

Рис. 8.

$d = \frac{1}{(1+r)^B}$, де B – відношення днів до кількості днів у році.

Інтерполювання ставки дисконтування простіше, оскільки графік цієї функції має форму, близьку до прямої (див. рис. 8).

Проте розрахунок процентної ставки зі ставки дисконтування може призвести до виникнення досить значних похибок обчислень, а тому він не бажаний.

1. Zhuoshi Liu. Moorad Choudhry.Yield curve fitting, 2005.
2. Baki Isa. Yield curve estimation by spline-based models, 2006.
3. Sederberg T. W. Computer Aided Geometric Design Course Notes, 2007.

K. Degtiarova, V. Popov, A. Trygub

YIELD CURVE FITTING

Are examined the contemporary methods of approximations of one of the indices of bank activity – by profitableness curve. The use of cubic spline-functions in the task of the approximation of these curves is based. Numerical calculations and analysis of the obtained results are represented.

УДК 681.3

Гломозда Д. К.

КООРДИНАЦІЯ ВЗАЄМОДІЇ КОРИСТУВАЧІВ У КОЛАБОРАТИВНІЙ СИСТЕМІ ДИСТАНЦІЙНОЇ ОСВІТИ ВНЗ

В роботі описано прототип системи, яка пов'язує автоматизовану систему управління навчальним закладом (АСУНЗ) з системою керування навчанням (СКН). Демонструються принципи практичного застосування технології рівневого контролю (floor control) для координації дій користувачів двох систем.

Вступ

Стаття продовжує цикл робіт [1, 2], присвячених побудові моделі програмної системи підтримки дистанційної взаємодії в масштабах Інтернет (далі – ПСПДВІ), що ґрунтується на технології рівневого контролю [3, 4]. Принцип рівневого контролю полягає в наданні користувачам доступу до спільних ресурсів на основі визначеної для кожної групи користувачів політики обслуговування. В попередніх роботах була запропонована модель ПСПДВІ мовою мереж Петрі та описано багатоагентну систему, яка моделювала роботу складових такої системи. Тут одержані результати використовуються для побудови прототипу координаційної системи, що пов'язує автоматизовану систему управління навчальним закладом (далі – АСУНЗ) з системою керування навчанням (далі – СКН) з метою узгодження дій користувачів двох систем й уникнення конфліктних ситуацій.

Використані технології

До складу колаборативної системи дистанційної освіти для вищого навчального закладу