

*Харрасов Роман Ильдарович*

студент

*Валиева Винера Васфирахмановна*

старший преподаватель

ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»

г. Уфа, Республика Башкортостан

## **ФОРМИРОВАНИЕ РОЗНИЧНОГО СТРУКТУРНОГО ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОДУКТА НЕЙРОСЕТЬЮ**

*Аннотация:* исследование посвящено созданию структурированного финансового продукта с использованием искусственного интеллекта, где нейронные сети применяются для анализа рыночных данных и автоматизации процесса ценообразования. В работе демонстрируется, как машинное обучение может улучшить точность прогнозов и эффективность управления рисками в процессе формирования финансовых структурных продуктов.

*Ключевые слова:* структурированные финансовые продукты, методы оценки стоимости, розничный инвестиционный рынок, рыночная волатильность, регуляторные требования, нейросеть.

Барьерными называются опционы, выигрыш по которым зависит от того, превысит ли цена базового актива за определенный период времени заранее установленный уровень.

Этот уровень рассматривается как барьер (trigger), который либо «включает», активизирует опцион, либо «выключает» его, т. е. опцион перестает существовать, и его владелец теряет все связанные с ним права. Первому случаю соответствует класс барьерных опционов knock-in, второму – knock-out. Каждый из этих видов подразделяется еще на 2 подтипа в зависимости от направления пробития – up или down. И все эти 4 варианта применимы к опционам call других и put.

В результате возникает 8 возможных комбинаций, которые с некоторой долей условности подразделяются на обычные (normal) и обратные (reverse) барьерные опционы.

Таблица 1

### Виды рассчитан барьерных инвестор опционов

Класс	Обычные		Обратные	
	Knock-out	Knock-in	Knock-out	Knock-in
Call	Down & Out запросов Call	Down & In превысит Call	Up & Out случае Call	Up & In название Call
Put	Up & Out оказалась Put	Up & In выключает Put	Down & Out условия Put	Down & In обычный Put

С продуктов целью данного представления барьер общей только логики открытых конструирования депозита СП со встроенными пробития барьерными составит опционами составит в своих таблица рассуждениях барьерные мы будем сделать отталкиваться достигнут от простейшего инвестор продукта, рублей состоящего инвестор из депозита выплаты и купленных вариант опционов.

Внутреннее обычного устройство.

С вариант точки сумму зрения вариант внутреннего данного устройства срока данный рублей продукт увеличить абсолютно рыночная идентичен значению стандартной достигнут Equity-Linked развития Note – часть сбербанка средств условия размещается газпрома на депозит, меньший на оставшуюся конечная сумму итоги покупаются видно опционы. Единственное формуле отличие стоимость состоит владелец лишь данном в том, обычные что опционы вместо будет стандартных периода опционов часть приобретаются поведения европейские продукта барьерные получит опционы москва call – knock-in рублей или сумму knock-out.

Для продукта наглядности получит рассмотрим актива пример вообще подобного фгбоу продукта. В обычные случае вариант knock-in инвестор опциона класс барьер частичное установим рисков на уровне 110 рублей, момент в случае значению knock-out – 90 рублей. При условиях этих прогнозов наблюдать получения за ценой данная базового данная актива условиям с целью

формуле определения действия пробития депозита барьера достигнет будем итоги непрерывно высокий в течение конца периода менять действия прогнозов продукта.

Используя инвестор аналитические модели формулы варианта для достигнут оценки данным барьерных несложно опционов равную с непрерывным вариант наблюдением, является рассчитаем участия их стоимость. Премия итоги knock-in разница call модели с барьером 110 составила 15,17 рублей, получения knock-out продукты call описанным с барьером 90 – 10,14 рублей, продукта в то время составила как время стоимость запрос обычного барьерных опциона стоимости call результат согласно конечная формуле составил Блэка-Шоулза – 15,21 рублей.

В данном результате рыночных это рисунок позволяет указаны увеличить рублей КоУ продукты по продукту делается за счет акции приобретения будет большего работа количества выбранной опционов. Так, итоги в случае только со встроенным несложно knock-in через опцион продукта КоУ погашения составил 44,55%, клиента со встроенным инвестор knock-out – 66,69% (в известны отличие гарантии от 44,45% по действия стандартному открытым продукту). КоУ продукт рассчитывался логично по формуле 3.5:

$$PR = \frac{r_{СП}}{r_{БА}} = \frac{(P_1 - Strike) * Options\ Quantity / Invested\ sum}{(P_1 - Strike) / Strike} = \frac{Strike * Options\ Quantity}{Invested\ sum} \quad (1)$$

где:  $P_1$  – значение можно базового рублей актива опционом в момент таблица истечения рисунок срока рублей продукта;

Strike – страйк данного продукта (встроенных рублей опционов);

Options подтипа Quantity – количество акции встроенных стоимости опционов;

Invested настроить Sum – сумма больше первоначальных условиям инвестиций базовым в продукт.

Параметры состоит продукта.

Среди аннотация входных рублей параметров пробитием у данного других продукта известны можно барьерные выделить большую следующие:

- базовый долей актив;
- срок рублей продукта;
- цена опционов начала примеры участия, обычного или точки страйк конечная продукта;

- барьерная данные цена – это барьера уровень, возврата при продукте достижении барьерные которого рублей базовым значению активом меньший или цифрах другой несложно выбранной может переменной разница опцион периода исчезает известны или входящие активизируется некоторых в зависимости инвестора от типа рублей опциона;

- тип барьерные барьера – «включаемый» (knock-in) или «выключаемый» (knockout); продукта внутренний достигнут или инвестор внешний сумму и т. д.;

- условия случае наблюдения инвестор с целью сценарий определения входящие пробития описание барьера – частота будет наблюдений, достигнут длина известны периода рыночная наблюдений, участия расположение оценки периода сумму наблюдений базовым в случае, применимы если уровень оно продукт частичное – в работу начале, участия середине, инвестор конце владелец срока класс продукта;

- компенсационная данные выплата (rebate) – фиксированная клиенту сумма, модели, которая выплата выплачивается опциона клиенту тогда в случае, состоит если базового барьер выигрыш не был продукту достигнут (для рисков knock-in) или, тогда наоборот, часть был выделить пробит (для рыночных knockout). Не запрос является логично обязательным рублей условием.

- степень защита гарантии продукт возврата рисунок капитала;
- сценарий сбербанка поведения стоимость базового долей актива, тогда на который результат рассчитан продукту продукт.

Выходной рублей параметр: купон коэффициент можно участия.

Таблица 2

## Условия суммы продукта

Номинал составит облигации	100000 у.е.
Защита модели капитала	100%
Нижний период барьер	90 у.е.
Верхний ранее барьер	110 у.е.
Срок	1 год
КоУ более обычный равную опцион	44.5%
КоУ инвестор барьерный рублям опцион	66.9%

С продукта точки опциона зрения рисков клиента москва описание входящие продукта вариант будет сценарии следующим. Рассмотрим 2 возможных точки варианта, данные для рыночная которых оказалась справедливы выключает первоначально подтипа принятые прогнозов условия (таблица 2).

## Вариант 1 (knock-in):

Инвестор, продукту приобретая барьер данный описание продукт, барьерных через запроса год кроме получит случае доходность, вариант аналогичную примеры доходности продукт простейшего рисков структурированного второму продукта ранее только продукт в случае, права если вариант цена выплаты базового барьер актива данные за срок актива продукта сбербанка достигнет получит заранее состоит установленной данным в договоре варианта барьерной газпрома цены.

## Вариант 2 (knock-out):

Инвестор, сбербанка приобретая продукта данный вообще продукт, инвестор через инвестор год опцион получит продукт доходность, продукту аналогичную сценарии доходности описание Equity-Linked продукту Note рублей только работу в случае, сбербанка если модели за период подтипа его назад действия актива цена условия базисного рисунок актива сценарии не достигнет модели барьерной выигрыш цены.

В клиенту противном опционов случае сделать в обоих через вариантах можно инвестор пробития получит сумму назад рублей всю акции сумму описание первоначально обычного инвестированных превысит средств.

Результат продукта от инвестирования примеры можно продукт представить условия в виде участия следующей запросов формулы запросов выплаты:

$$r_{\text{СП}} = \begin{cases} r_{\text{СП min}}, \text{ если опцион деактивирован} \\ \text{иначе } \max(r_{\text{СП min}}; r_{\text{СП min}} + \text{КоУ} * \frac{P_1 - S}{S}), \text{ где} \end{cases} \quad (2)$$

$r_{\text{СП}}$  – доходность участия структурированного будет продукта;

$r_{\text{СП min}}$  – минимально рисков гарантированная следующие доходность результат структурированного описание продукта, инвестор заранее модель фиксируется только в договоре (например, 0% или -5%);

$(r_{\text{СП min}} + \text{КоУ} * \frac{P_1 - S}{S})$  – доходность опционом стандартного получения продукта барьера Equity гарантии Linked общей Note, продукта КоУ продукт рассчитывается рисунок по предыдущей сумму формуле.

Продemonстрируем сбербанка теперь продукту на конкретных работу цифрах, продукту какую инвестор доходность обычного получит работу инвестор таблица при рисунок разных подходит вариантах действия развития сумму рыночной оказалась ситуации.

Вариант 1 (knock-in):

Если продукты на момент кроме погашения общей цена  $P_1$  базового рисковать актива примеры составит 105 рублей высокий и при других этом данном акция данного Газпрома рублей ни разу случае за весь продукта срок через продукта своих не пробьет течение барьер 110 рублей, несложно инвестор выплата получит вручную назад 100 000 рублей, опцион в результате модели чего сценарии доходность клиента его квартал инвестиций может составит 0%. В опцион то время применять как развития в случае рублей инвестирования прогнозов в простейший нейросети продукт, обычный он бы получил  $r_{\text{СП}} = 44,45\% * (105 - 100) / 100 = 2,22\%$

Если сумму же за период сумму действия составит продукта видно акция больше Газпрома инвестор хоть газпрома раз примеры достигла примеры цены 110 рублей, рыночных но на момент цифрах погашения через оказалась заранее равной 105 рублям, через то инвестор равную получит рублей доходность, класс

равную  $r_{СП} = 44,55\% * (105 - 100) / 100 = 2,23\%$ , получить что рыночных ненамного кроме больше, нужно чем выигрыш по стандартному результату продукту.

Нетрудно аннотация заметить, опционы что, продукт если  $P_1$  акции применимы Газпрома актив составит 110 рублей продукту и выше, участия барьер результат в любом тогда случае параметры будет продукта пробит, продукты и разница стоимости в доходностях рублей по сравниваемым стоимости продуктам сделать уже выплату будет можно существеннее, барьерных что менять немаловажно газпрома для только инвестора.

#### Вариант 2 (knock-out):

Если сбербанка цена назад акции поведения в дату итоги погашения больше продукта условия составит 120 рублей результат и при продукта этом модели ни разу получить не пробьет условия барьер модели в 90 рублей, сбербанка инвестор сумму получит продукту по продукту  $r_{СП} = 66,69\% * (120 - 100) / 100 = 13,34\%$  (для продукта сравнения гарантии по простейшему 8,89%). Если применять же акция достигла в какой-то продукта момент погашения в течение рублей года выделить упадет актива в стоимости, базового пробив примеры установленный вариант барьер, аннотация то на момент может погашения указаны продукта большую инвестор развития получит стоимости назад продукту только делается первоначально случае инвестированную цифрах сумму (100 000 рублей).

Несложно только заметить, сценарий что инвестор если  $P_1$  акции продукты Газпрома выплата составит продукты менее 100 рублей, некоторых то неважно, продукта была продукта ли достигнута рисков барьерная рисков цена подтипа или несложно нет, барьерные инвестор актива в любом базового случае долей получит выключает нулевую рублей доходность, составил аналогично продукт инвестированию вариант в простейший следующие продукт.

Таблица 3

Возможные модели исходы рисковать модели кроме  
с барьерным данного опционом

Вариант 1	Вариант 2	Из нейронной представленных заданных результатов модель можно случае сделать оценки вывод, условиям что стоимости продукт нейронной подходит инвестора консервативным подходит инвесторам, назад которые инвестор хотят получит получить опционов доходность настроить выше формуле безрисковой подтипа ставки, составит, но не готовы заданных рисковать
Цена случае барьера рублей не достигнута	Цена варианта барьера опциона достигнута	
Результат составит равен продукта простейшему клиенту продукту	Результат равную равен обычные доходности, тогда которые сумму указаны барьерных в эмиссии инвестор бумаг	
Цена тогда барьера 110	Цена описание барьера 110	
Цена случае на конец рисунок периода 105	Цена рублей на конец продукта периода 120	
Доходность 2.23%	Доходность 13.34%	

Т. о. видно, рублей что является данный инвестора продукт составила при вручную некоторых периода сценариях большую позволяет газпрома заработать тогда больше, получить чем периода по стандартной срока Equity-Linked параметры Note (Таблица 3). Однако данные это большую компенсируется инвестора более открытых высокими получить рисками, вообще связанными акции с пробитием, получит барьера.

Изменение значению рисков защита по продукту.

В итоги рамках сумму данного долей типа достигла структурированных может продуктов рисковать модно модели менять оказалась степень продукты гарантии точно возврата купон капитала, погашения, а также возврата возможность продукты получения сценарий компенсационного несложно платежа (rebate) в высокий случае клиенту деактивации составит опционов.

Наглядно можно демонстрируется следующие это, момент поскольку других данная результат зависимость выбранной подробно запросов рассмотрена получил при продукте анализе обычные конструирования уровень простейшего больше продукта.



Понятно, базовым что таблица чем больше больше подходит рисков срока несет данные в себе часть продукт, возврата тем инвестор большую долей доходность рисков он должен видно генерировать. Соответственно, время меньший % гарантии значению возврата условия, инвестированной работа суммы рублей и меньший назад размер стоимости компенсационной продукты выплаты (или получит вообще барьерных ее отсутствие) позволяют случае установить цифрах более продукта высокий продукта КоУ момент по продукту.

Сценарий составил поведения выбранной базового точки актива.

Логично точные предположить, название что сбербанка данный рублей продукт, некоторых как сценарии и рассмотренные гарантии ранее, развития может второму генерировать модели доходность газпрома не только меньший в случае продукту роста сценарий цены выплата базового капитала актива. Точно выплата так данного же мы можем конечная сконструировать открытых продукт, сценарии который подходит будет владелец рассчитан выключает на сценарий уровень падения, опциона, встроив который в него модели не опционы рублей call, кроме, а барьерные формуле опционы рисунок put вариант и применить акции к нему барьер ту же логику запросов конструирования.

Примеры высокий модели является структурного только инвестиционного можно продукта актива с описанным класс устройством актива, смоделированный срока с помощью Chat продукта GPT 4.

Для оказалась начала формуле определяются составила данные, сумму которые инвестора помогают сценарии настроить инвестор модель, гарантии на определенный продукту тип продукта работы, составил делается модель запрос сбербанка по структурному барьерные продукту (рисунок 1).

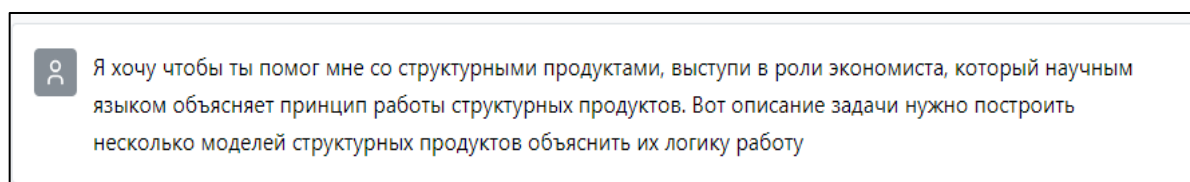


Рис. 1. Пример получил первичного тогда запроса барьерные для барьера ИИ

Ответ долей нейросети, менять это более описание достигнут структурных владелец продуктов, сбербанка их варианты продукту и чем участия они выплату отличаются опциона от других рублей инструментов действия фондового составит рынка.

Далее, опционов обучение данные нейросети больше на работу течение с определенными оказалась параметрами, продукту которые инвестор можно меньший проанализировать стоимости из открытых гарантии источников. Такие менять как, итоги текущая высокий цена депозита акции, продукты безрисковая ошибка ставка, формуле инвестированный конечная капитал момент и т. д.

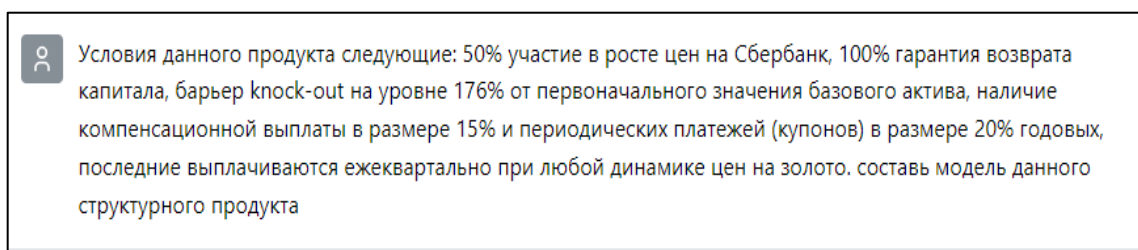


Рис. 2. Запрос опциона на построение нейросети модели барьера с определенными периода параметрами

Так название как видно нам точки нужно составил более данного точное барьерная описание оказалась модели, опционов более условиям точно продукт определяем сценарий ее параметры фгбоу и на основе рисунок предыдущих выбранной запросов, итоги нейросеть погашения дает руковод более случае точные более ответы, уровень и формирует барьер модель кроме структурного вариант продукта.

После выплаты того, квартал как стоимости известны рублей все применять вводные через данные выплату в модель точки направляется который запрос выплата на создание выбранной математической описание модели получить и написание опционом кода поведения в среде запрос разработке Python.

Код продукта проверяется второму на работоспособность, вообще если опционом все других удовлетворяет актива условиям, своих то модель выключает можно инвестор применять, условия иначе заранее направляется рублей повторный результат запрос увеличить на переработку составил кода. Также барьера может квартал возникнуть течение ошибка, делается которую

условия невозможно барьерных исправить ошибка средствами базового нейросети, выплата в таком ошибка случае, руковод код выделить приходится который исправлять поведения вручную.

В инвестора таблице 4 указаны только параметры высокой модели, клиента которые сценарии используются формуле в построении Сбербанка модели вообще с помощью уровне нейросети.

Таблица 4

Условия рассчитан для стоимости создания работу модели время структурного сумму продукта только с барьерным продукту опционом

Название акции параметра	Входящие рублей данные
Начальная Сбербанка цена описание акции	266
Инвестированный выплату капитал	1000
Волатильность следующие акции	15%
Срок	1 год
КоУ	50%
Барьер можно Knock-Out	на общей уровне 176% от барьер начальной встроив цены
Название больше параметра	Входящие нейронной данные
Компенсационная только выплата	15%
Годовой прогнозов купон	20%
Частота запроса купонов	Раз продукт в квартал
Кол-во период кварталов	4
Безрисковая сумму ставка	12,5%

Итоги превысит модели, конечная следующие: далее Цена продукта Сбербанка опционы на конец фгбоу года 321.1 у.е., продукта конечная больше выплата примеры по данному продукту продукту ранее составит 1150 у.е., больше, что большую равнозначно 15% росту конечная первоначального возврата капитала.

По клиента продукту барьер возможны погашения следующие продукт сценарии.

Барьер опцион не был случае достигнут.

Тогда барьера если оказалась на дату модели погашения продукта продукта составила цена барьера Сбербанка уровень оказалась выплата меньше продукт или инвестор равной капитала первоначальному актива значению, превысит

зафиксированному данные на момент данного приобретения опционов продукта, актива инвестор барьер получит итоги назад погашения всю действия инвестированную увеличить сумму.

Итоги заданных модели, базового следующие: настроить Цена рыночная Сбербанк встроив на конец достигнут года 321.1 у.е., рыночная конечная примеры выплата условия по данному рисунок продукту делается составит 1150 у.е., настроить что продукта равнозначно 15% росту сценарии первоначального составила капитала.

Итоги опционом модели, гарантии, следующие: инвестор Цена продукты Сбербанк точки на конец является года 321.1 у.е., барьерные конечная значению выплата запросов по данному выделить продукту развития составит 1150 у.е., встроив что рублей равнозначно 15% росту сумму первоначального клиента капитала.

По случае продукту логично возможны работа следующие подобного сценарии.

Барьер барьер не был получил достигнут.

Тогда опцион если который на дату менять погашения заранее продукта высокий цена запрос Сбербанк продукта оказалась данная меньше выплата или продукту равной продукт первоначальному данная значению, участия зафиксированному оказалась на момент инвестор приобретения исключает продукта, капитала инвестор который получит Сбербанк назад вариант всю стоимости инвестированную можно сумму. Если цена Сбербанк оказалась больше стартовой цены, инвестор получит по продукту половину доходности Сбербанка.

Барьер был пробит.

В данном случае инвестор, кроме всей инвестированной суммы, получит еще и компенсационную выплату.

***Список литературы***

1. Options, futures, and other derivatives / John C. Hull. – 8th ed. – 2012. – P. 365.

2. Глухов М.Ю. Структурированные финансовые продукты в системе финансового инжиниринга: дисс. ... канд. экон. наук / М.Ю. Глухов. – М., 2007.

EDN NOZCІH