

Министерство образования и науки Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра математической экономики

**Разработка индикатора зернового рынка на основе чебышевской
интерполяции тренда цен**

АВТОРЕФЕРАТ

студента (ки) 3 курса 392 группы

направление 38.04.01 – Экономика

механико-математического факультета

Камышовой Галины Николаевны

Научный руководитель

профессор, д.ф.-м.н., профессор

С.И.Дудов

Зав.кафедрой

д.ф.-м.н., профессор

С.И.Дудов

Саратов 2017

ВВЕДЕНИЕ

Рынок зерна, занимая одно из первых мест по объемам товарооборота и денежных средств среди продуктовых рынков, во многом определяет решение целого спектра вопросов развития национального хозяйства. Поэтому резкие изменения цен на зерновом рынке влекут за собой негативные последствия для многих отраслей экономики любой страны, в частности и для агропромышленного комплекса. В связи с этим, прогнозирование ценовой ситуации на зерновом рынке играет важную роль в стабилизации экономики.

Специфика агропродовольственного рынка влечет за собой специфические инструменты анализа. Формально инструменты анализа можно подразделить на три категории: специфические инструменты анализа и классические фундаментальные и технические инструменты.

Специфические инструменты анализа представляют собой предсказание ценовых тенденций мирового аграрного рынка и отражения реальной стоимости зерновых и масличных, шротов и масел. Индексы учитывают всё: и влияние фундаментальных параметров, и стоимость денег. Фундаментальный анализ представляет собой предсказание количественных показателей развития и рассмотрение всех значимых фундаментальных факторов экономики, которые могут повлиять на цену финансового инструмента. Технический анализ представляет собой предсказание поведения ценных бумаг на рынке с помощью математических методов. При этом практически все методы являются графическими. Вспомогательные аналитические графики, которые строятся в дополнение к графикам цены, называются индикаторами.

Целью настоящей работы является построение индикатора зернового рынка на основе чебышевской интерполяции тренда цен тригонометрическими полиномами, построение индикатора на основе внешней оценки сегментной функции тригонометрической полиномиальной полосой, а также сравнение эффективности построенных индикаторов с популярным на финансовом рынке индикатором технического анализа – скользящей средней.

В первом разделе описываются некоторые аспекты анализа зернового рынка. В частности, подробно рассматриваются различные прогнозные индикаторы зернового рынка как специфические, так и технические.

Во втором разделе ставится чебышевская задача о приближении дискретно заданной функции тригонометрическим полиномом, описывается процесс сведения задачи к задаче линейного программирования.

В третьем разделе ставится задача построения индикатора на основе внешней оценки сегментной функции тригонометрической полиномиальной полосой и описывается процесс сведения этой задачи к задаче линейного программирования

В четвертом разделе описывается схема построения индикаторов, план проведения вычислительных экспериментов с целью тестирования индикаторов, приводятся результаты исследования и делаются выводы на основе этих результатов. Тестирование индикаторов проводилось на примере фьючерсов на зерно.

Содержание работы

В разделе 1 приводится обзор специфики зернового рынка и его основных индикаторов.

Зерновое производство исторически является основой устойчивого функционирования национального агропродовольственного сектора, носит системообразующий характер для других отраслей экономики страны, определяет уровень продовольственной безопасности населения и служит своеобразным индикатором экономического благополучия государства.

Пшеница исторически была очень важным участником хозяйственных и экономических отношений. Долгое время на срочном рынке Московской Биржи существовали фьючерсы на три сорта пшеницы с тиккером «EXW». Санкт-Петербургская товарная биржа так же начала продвигать товарные фьючерсы, которые пользуются спросом на иностранных рынках. Нами рассмотрены основные классы зерна, торгуемые на биржах: HardRedWinter (тикер HRW), HardRedSpring (тикер HRS), SoftRedWinter (тикер SRW), Durum, BlackSeaWheat (тикер BSW).

Технические индикаторы рассчитываются с целью прогнозирования будущих уровней цен, или просто для определения направления движения цен (трендов) ценной бумаги, исходя из их поведения в прошлом. На основе анализа технических индикаторов, трейдеры, сторонники технического анализа, принимают решение об открытии (расширении) или закрытии (сокращении) позиций. В этом случае технические индикаторы обычно применяются в виде графиков, наложенных или совмещённых с графиками цен/объёмов торгуемых инструментов.

Специальный индексный анализ фиксирует связь рынка и производства, объективно отражает уровень развития земледелия, показывает денежный размер аграрной экономики в основных странах. Мировые цены при этом являются общими правилами "технологического аграрного соревнования". К таким индексам можно отнести - индексы ценовых тенденций рынка (индексы средних мировых цен - AWP_Index), индексы стоимости урожая (индексы

общей стоимости урожая - TCC_Index), индексы рыночного финансирования пашни индексы РФП - RH_Index).

В разделе 2 рассматривается процесс построения индикатора на основе задачи чебышевского приближения функции тригонометрическим полиномом.

Пусть функция $f(t)$ задана таблицей своих значений $y_k = f(t_k)$, $k = 0, 1, \dots, N$.

t	t_0	t_1	t_2	.....	t_N
y	y_0	y_1	y_2	.....	y_N

Без ограничения общности можно считать, что $t_0 < t_1 < t_2 \dots < t_N$. Всякий тригонометрический полином $P_n(\vec{a}, t) = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i \sin i * t$, порядок которого $n \leq N$, по отношению к заданной таблице $\{t_k, y_k\}$ имеет естественную характеристику близости – максимальное уклонение

$$\varphi(\vec{a}) = \max_{0 \leq k \leq N} |y_k - P_n(\vec{a}, t_k)|.$$

Пусть при фиксированном значении порядка полинома (n)

$$\min_{\vec{a}} \varphi(\vec{a}) = \rho.$$

Тогда полином $P_n(\vec{a}^*, t)$, для которого выполняется условие $\varphi(\vec{a}^*) = \rho$, называется **полиномом наилучшего приближения таблицы $\{t_k, y_k\}$** .

Известно [3], что дискретная чебышевская задача эквивалентна задаче линейного программирования.

Схема построения индикатора на основе задачи чебышевского приближения имеет вид: Считаем, что нам таблично заданы значения котировок цен. y_i - значение цены за i -й период. Предполагаем, что $t_1 < t_2 \dots < t_N$.

Этапы построения индикатора:

- 1) Выбираем степень тригонометрического полинома n .

2) Выбираем количество используемых узлов $m \geq n + 2$ для решения вспомогательной задачи.

3) Полагаем $i = 0$.

4) Решаем задачу

$$\max_{i+1 \leq k \leq i+m} |y_k - P_n(\bar{a}, t_k)| \rightarrow \min_{\bar{a} \in R^{n+1}} \quad (2.15)$$

5) Пусть вектор коэффициентов \bar{a}_i^* является решением задачи (2.15). В качестве значения индикатора $I_{m,n}(t)$ в точке t_{i+m+1} берем

$$I_{m,n}(t_{i+m+1}) = P_n(\bar{a}_i^*, t_{i+m+1})$$

6) Если $i + m + 1 < N$, то полагаем $i := i + 1$ и переходим к выполнению п.4. В противном случае. То есть, если $i + m + 1 = N$, расчет закончен.

В итоге, мы получаем значения индикатора $I_{m,n}(t)$ для значений

$$t = t_{m+1}, t_{m+2}, \dots, t_N.$$

Эти данные подлежат дальнейшему анализу для получения выводов об эффективности данного индикатора на фоне сравнения его значений с историческими значениями $y_{i+m+1}, i \in [0 : N - m - 1]$ соответственно, а так же с эффективностью прогноза других индикаторов.

В разделе 3 рассматривается процесс построения индикатора на основе внешней оценки сегментной функции тригонометрической полиномиальной полосой.

Предположим, что нам известны исторические данные о минимальных и максимальных ценах на зерно в моменты времени $t_1 < t_2 \dots < t_N$ в виде $z_i = z(t_i) \leq y_i = y(t_i), i = \overline{1, N}$. Т.е. заданы таблицы значений некоторых функций:

t	t_1	t_2	.....	t_N
y	y_1	y_2	.....	y_N

t	t_1	t_2	.....	t_N
z	z_1	z_2	.....	z_N

Таким образом, этими таблицами задается сегментная функция $F(t)$ для $t \in \{t_i : i = \overline{1, N}\} : F(t_i) = [z_i, y_i]$.

Обозначим через $P_n(a, t)$ полином n -ой степени (в качестве такого полинома можно использовать тригонометрический полином

$$P_n(a, t) = a_0 + \sum_{k=1}^n a_k \sin k * t).$$

Будем называть задачу

$$\rho(a) \equiv \max_{i=1, \dots, N} \{P_n(a, t_i) - z_i, \quad y_i - P_n(\bar{a}, t_i)\} \rightarrow \min_{a \in R^{n+1}}.$$

задачей о внешней оценке сегментной функции $F(t)$ полиномиальной полосой. Здесь $a = (a_0, a_1, \dots, a_n)$ - вектор коэффициентов.

Очевидно, сегмент $[P_n(a, t_i) - \rho(a), \quad P_n(a, t_i) + \rho(a)]$ накрывает сегмент $F(t_i)$. Поэтому, если ввести обозначения

$$\rho^* = \min_{a \in R^{n+1}} \rho(a), \quad \Omega_\rho = \{\hat{a} \in R^{n+1} : \rho(\hat{a}) = \min_{a \in R^{n+1}} \rho(a)\},$$

то графиком сегментной функции

$$P_n(a^*, t) = [P_n(a^*, t) - \rho(a^*), \quad P_n(a^*, t) + \rho(a^*)] \quad \text{для} \quad a^* \in \Omega_\rho$$

является полоса наименьшей (по ординате) ширины, равной $2\rho^*$, которая содержит график сегментной функции $F(t)$. Эта полоса интерпретируется в качестве ценового коридора. Если $a^* \in \Omega_\rho$ то $P_n(a^*, t_{N+1})$ предлагается взять в качестве прогнозного значения цены в момент времени t_{N+1} .

Очевидно, что при $z_i \equiv y_i$ эта задача вырождается в задачу Чебышева о равномерном приближении дискретной функции полиномом заданной степени.

Показано, что задача о внешней оценке сегментной функции полиномиальной полосой редуцируется к задаче линейного программирования.

Схема построения индикатора на основе задачи о внешней оценке сегментной функции тригонометрической полиномиальной полосой следующая:

Считаем, что нам известны исторические данные о минимальных и максимальных ценах на зерно в моменты времени $t_1 < t_2 \dots < t_N$. Здесь для определенности $z_i = z(t_i) \leq y_i = y(t_i)$, $i = 1, \dots, N$.

t	t_1	t_2	.....	t_N
y	y_1	y_2	.....	y_N
z	z_1	z_2	.....	z_N

Этапы построения индикатора:

1) Выбираем “длину” $n \ll N$.

2) Выбираем количество используемых узлов $m \geq n + 2$ для решения вспомогательной задачи.

3) Полагаем $i = 0$.

4) Решаем задачу

$$\max_{k=i+1, \dots, i+m} \{P_n(\bar{a}, t_k) - z_k, \quad y_k - P_n(\bar{a}, t_r)\} \rightarrow \min_{a \in R^{n+1}} \quad (3.5)$$

5) Пусть вектор коэффициентов $a^*(i)$ является решением задачи (3.5). В качестве значения индикатора $I_{m,n}(t)$ в точке t_{i+m+1} берем

$$I_{m,n}(t_{i+m+1}) = P_n(a^*(i), t_{i+m+1}).$$

6) Если $i + m + 1 < N$, то полагаем $i := i + 1$ и переходим к выполнению п.4. В противном случае, то есть, если $i + m + 1 = N$, расчет закончен.

В итоге мы получим прогнозные значения индикатора $I_{m,n}(t)$ для значений $t = t_{m+1}, t_{m+2}, \dots, t_N$. Эти данные подлежат дальнейшему анализу для

получения выводов об эффективности данного индикатора на фоне сравнения его значений с историческими значениями $z_{i+m+1}, y_{i+m+1}, i \in [0: N - m - 1]$ соответственно и значениями прогноза в

соответствии со скользящим средним $S(t_{i+m+1}) = \frac{1}{m} \sum_{k=i+1}^{i+m} \frac{1}{2} (y_k + z_k), i = 0, 1, \dots$

Полученные значения индикатора используются для тестирования на предмет его эффективности при прогнозировании. В качестве критериев результативности использования индикатора можно взять подсчет попадания значений индикатора в коридор максимальных и минимальных значений цен на зерновом рынке, анализ полученных значений индикатора по суммарным отклонениям от средних значений, анализ максимального отклонения от среднего значения.

В разделе 4 описывается схема построения индикаторов, план проведения вычислительных экспериментов с целью тестирования индикаторов, приводятся результаты исследования и делаются выводы на основе этих результатов. Тестирование индикаторов проводилось на примере фьючерсов на зерно. На основе проведенных экспериментов, а так же полученных и проанализированных результатов, можно сделать следующий вывод о целесообразности использования индикаторов внешней оценки сегментной функции полиномиальной полосой и индикатора на основе чебышевского приближения. Для достижения наилучших результатов прогноза любой из этих индикаторов нужно использовать, задавая параметры $n = 1$ и $m = n + 3$. В этом случае индикатор на основе чебышевского приближения дает большее число попадающих в интервал точек, однако индикатор на основе внешней оценки дает наименьшие максимальные отклонения от среднего значения и от максимальных и минимальных значений.

Заключение

Таким образом, в работе проведен специфика зернового рынка и его основных индикаторов, а так же построен индикатор зернового рынка на основе чебышевской интерполяции тренда цен тригонометрическими полиномами и индикатор на основе внешней оценки сегментной функции тригонометрической полиномиальной полосой. Проведено сравнение эффективности построенных индикаторов с популярным на финансовом рынке индикатором технического анализа – скользящей средней.

В первом разделе описываются некоторые аспекты анализа зернового рынка. В частности, подробно рассматриваются различные прогнозные индикаторы зернового рынка как специфические, так и технические.

Во втором разделе ставится чебышевская задача о приближении дискретно заданной функции тригонометрическим полиномом, описывается процесс сведения задачи к задаче линейного программирования.

В третьем разделе ставится задача построения индикатора на основе внешней оценки сегментной функции тригонометрической полиномиальной полосой и описывается процесс сведения этой задачи к задаче линейного программирования

В четвертом разделе описывается схема построения индикаторов, план проведения вычислительных экспериментов с целью тестирования индикаторов, приводятся результаты исследования и делаются выводы на основе этих результатов. Тестирование индикаторов проводилось на примере фьючерсов на зерно.

Результаты работы докладывались на V и VI Международных молодежных научно-практических конференциях "Математическое и компьютерное моделирование в экономике, страховании и управлении рисками" (2016г., 2017г.), на Всероссийской научно-практической конференции "Аграрная наука в XXI веке: проблемы и перспективы" (2017г.).

Список использованных источников

- 1 Камышова, Г.Н., Дудов, С.И. Вычислительные эксперименты по прогнозированию цен на зерновом рынке/ Г.Н. Камышова, С.И. Дудов // «Математическое и компьютерное моделирование в экономике, страховании и управлении рисками»: сборник материалов V Международной молодежной научно-практической конференции. Саратов: Изд-во Саратов.ун-та, 2016. С. 56-60.
- 2 Камышова, Г.Н., Дудов, С.И., Камышов, Д.В., Терехова, Н.Н. Агропродовольственные рынки и их индикаторы/ Г.Н. Камышова, С.И. Дудов, Д.В. Камышов, Н.Н. Терехова // Аграрная наука в XXI веке: проблемы и перспективы: сборник статей Всероссийской научно-практической конференции. Саратов: Изд-во Саратов. гос.агр.ун-та, 2017. С. 126-131.
- 3 Камышова, Г.Н., Дудов, С.И., Терехов, П.О. Об одном подходе к прогнозированию на зерновом рынке на основе ценового коридора/ Г.Н. Камышова, С.И. Дудов, П.О. Терехов// «Математическое и компьютерное моделирование в экономике, страховании и управлении рисками»: сборник материалов VI Международной молодежной научно-практической конференции. Саратов: Изд-во Саратов.ун-та, 2017. С. 53-57.
- 4 Демьянов, В.Ф., Малоземов, В.Н. Введение в минимакс / В.Ф. Демьянов, В.Н. Малоземов. М.: Наука, 1972. 368с.
- 5 Зуховицкий, С.И., Авдеева, Л.И. Линейное и выпуклое программирование / С.И. Зуховицкий, Л.И.Авдеева. М.: Изд-во «Наука», 1967. 460с.
- 6 Выгодчикова, И. Ю., Дудов, С. И., Сорина, Е. В. Внешняя оценка сегментной функции полиномиальной полосой/ И.Ю. Выгодчикова, С.И. Дудов, Е.В. Сорина// ЖВМ и МФ, 2009. Т. 49. № 7. С. 1175-1183.
- 7 Галанов, В.А. Рынок ценных бумаг / В.А. Галанов. М.: ИНФРА-М, 2007. 379с.
- 8 Деева, Е. М., Биржевое дело: учебное пособие / Е. М. Деева, Д. А. Курушин – Ульяновск: УлГТУ, 2015. 150 с.

- 9 Дзядык, В.К. Введение в теорию равномерного приближения функций полиномами / В.К. Дзядык. М.: Изд-во «Наука», 1977. 514 с.
- 10 Дудов, С.И., Романов, Р.О. О внешней оценке сегментной функции полиномиальной полосой/ С.И. Дудов, Р.О. Романов // Математика. Механика: Сб. науч. тр. Саратов: Изд-во Саратовского ун-та, 2014. С.31-35.
- 11 Дудов, С.И., Сори́на, Е.В. Равномерная оценка сегментной функции полиномиальной полосой / С.И. Дудов, Е.В. Сори́на //Алгебра и анализ. 2012. Т.24. №5. С.44-71.
- 12 Дьяконов, В. П. MATLAB. Полный самоучитель / В. П. Дьяконов. М.: ДМК Пресс, 2012. 768с.
- 13 Мерфи, Дж. Технический анализ фьючерсных рынков/ Дж. Мерфи. М.: Сокол, 1996. 592с.
- 14 Пшеничный, Б.Н. Выпуклый анализ и экстремальные задачи / Б.Н. Пшеничный. М.: Изд-во «Наука». 1981. 320с.
- 15 Чекулаева, Е.Ю. Развитие биржевой торговли зерном как важный инструмент государственной поддержки зернового подкомплекса / Е.Ю. Чекулаева //Вестник ростовского государственного экономического университета. Ростов: Изд-во Рост. гос.эк.ун-та. 2007. № 1. С. 59-63.
- 16 Dudov, S. I., Zlatorunskaya, I. V. Best approximation of a compact convex set by a ball of an arbitrary norm/ S. I. Dudov, I. V. Zlatorunskaya // Advances in Mathematics Research . Nova Science Publishers: 2003. V.2. P.81-114.
- 17 <http://forexclub.ru>
- 18 <http://finam.ru>
- 19 <https://russianguainmarket.ru/>
- 20 <https://сельхозпортал.рф>