

**ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛАР**DOI: <https://doi.org/10.37788/2020-3/94-101>УДК 004.021  
МРНТИ 20.53**Н.М. Зайцева<sup>1\*</sup>, А.Т. Капсалькова<sup>2</sup>**<sup>1,2</sup> Инновационный Евразийский университет, Казахстан  
(E-mail: zaitzevns@mail.ru)**Моделирование управления объектом  
на примере сети автозаправочных станций****Аннотация**

При управлении сетью автозаправочных станций (АЗС) необходимо решать в динамике следующие задачи: определение объемов закупок по видам реализуемых нефтепродуктов и перераспределение имеющегося объема различного вида нефтепродуктов по автозаправочным станциям сети. Особенность данной задачи управления в том, что пополнение хранилищ нефтепродуктов осуществляется централизованно, а реализация каждого вида горючего производится на отдельных автозаправочных станциях сети, то есть во множестве пунктов. При этом должен производиться учет объема каждого реализуемого вида горючего каждой станцией сети в отдельности с учетом сезонного спроса на конкретный нефтепродукт. Помимо моделирования спроса необходима информация по объему нефтепродуктов, которые могут быть закуплены у поставщиков с возможностью увеличения или уменьшения объема закупок в связи со спросом. Для решения этой задачи должен быть определен перечень поставщиков конкретного вида нефтепродукта с возможным диапазоном объемов поставок.

В предлагаемой модели предпринята попытка решения перечисленных выше задач. Для их решения разработана модель управления, которая была реализована с помощью среды программирования Visual Studio C# и СУБД MS SQLServer. При разработке структуры таблиц базы данных была учтена задача управления сетью заправочных станций на основе сети Петри: то есть в таблицах базы предусматривалось хранение информации по объемам поставок нефтепродуктов, объемам продаж каждого вида нефтепродукта, а также времени поставок и продаж. Для решения задачи централизованной закупки по всем видам горючего в базе данных были предусмотрены таблицы с информацией о поставщиках и возможных объемах поставок ими различного вида нефтепродуктов.

Для решения задач прогноза спроса в модель включены алгоритмы прогнозирования объемов реализации нефтепродуктов на основании накапливаемых динамических рядов данных по каждому виду горючего в отдельности. Прогнозирование выполнялось с целью оценки необходимых объемов закупки нефтепродукта на предстоящий период. Алгоритмы прогноза реализованы с помощью двух методов: линейной аппроксимацией и экспоненциального сглаживания. Оба алгоритма позволяют учитывать сезонность спроса.

*Ключевые слова:* моделирование, прогнозирование потребления, динамические ряды данных, логистика, метод решения, информационные технологии, сети Петри.

**Введение**

При управлении сетью автозаправочных станций (АЗС) необходимо решать в динамике, то есть практически ежедневно две задачи [1, 2]:

1) определение объемов закупок по видам реализуемых нефтепродуктов;

2) перераспределение имеющегося объема различного вида нефтепродуктов по автозаправочным станциям сети.

При этом должен учитываться объем каждого реализуемого вида горючего каждой станцией в отдельности. Особенность данной задачи управления в том, что пополнение хранилищ нефтепродуктов осуществляется централизованно, в то время как реализация каждого вида горючего производится на отдельных автозаправочных станциях сети, то есть во множестве пунктов. Понятно, что здесь обязателен учет сезонного спроса на нефтепродукты. В предлагаемой модели предпринята попытка решения упомянутых выше задач, и для их решения включены алгоритмы прогнозирования объемов реализации нефтепродуктов на основании накапливаемых динамических рядов данных по каждому в отдельности виду горючего. Прогнозирование осуществляется с целью оценки необходимых объемов закупки нефтепродукта на предстоящий период [3, 4]. Алгоритмы прогноза реализованы с помощью двух методов: линейной аппроксимацией с учетом сезонности и экспоненциального сглаживания.

Кроме того, необходим учет объемов нефтепродуктов, которые могут быть закуплены у поставщиков, а также возможность увеличения или уменьшения объема закупок в связи со спросом. Для решения этой задачи должен быть определен перечень поставщиков конкретного вида нефтепродукта с возможным диапазоном объемов поставок.

**Материалы и методы**

Для решения данной актуальной задачи разработана модель управления, которая была реализована с помощью среды программирования Visual Studio C# и СУБД MS SQLServer. Данная СУБД обладает всеми качествами, необходимыми для реализации предлагаемой модели, в частности: в этой СУБД возможно создание и сохранение в базе данных необходимого пакета запросов на языке SQL, который можно оформить в виде триггера или процедуры, вызываемой для выполнения конкретной задачи. Кроме того, в MS SQLServer возможно создание индексов, с помощью которых оптимизируется выполнение SQL-запросов.

При разработке базы данных была учтена задача управления сетью заправочных станций на основе сети Петри, то есть в таблицах предусматривалось хранение информации по объемам поставок нефтепродуктов, объемам продаж каждого вида нефтепродукта, а также времени поставок и продаж. С учетом того, что поставка выполняется в единое хранилище, а только затем распределяется по сети АЗС, управление на основе сети Петри можно представить следующей схемой, представленной на рисунке 1.

На схеме сети Петри П1, П2,..ПN – поставщики различного вида нефтепродуктов, Р – резервуар (хранилище нефтепродуктов), АЗС – автозаправочные станции. Для реализации данной модели управления разработана программа. Главное окно программы, которое представлено на рисунке 2, дает представление об объектах, с которыми работает данная программная модель.

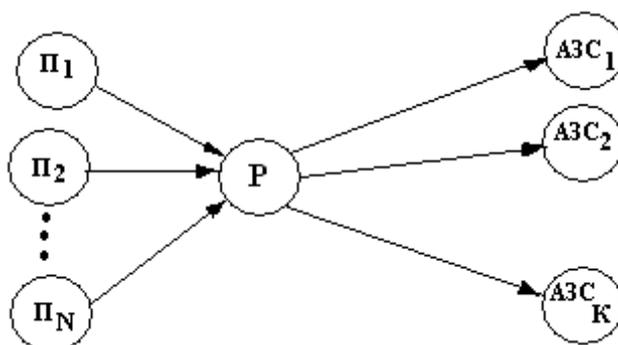


Рисунок 1- Структурная схема сети Петри для управления сетью АЗС

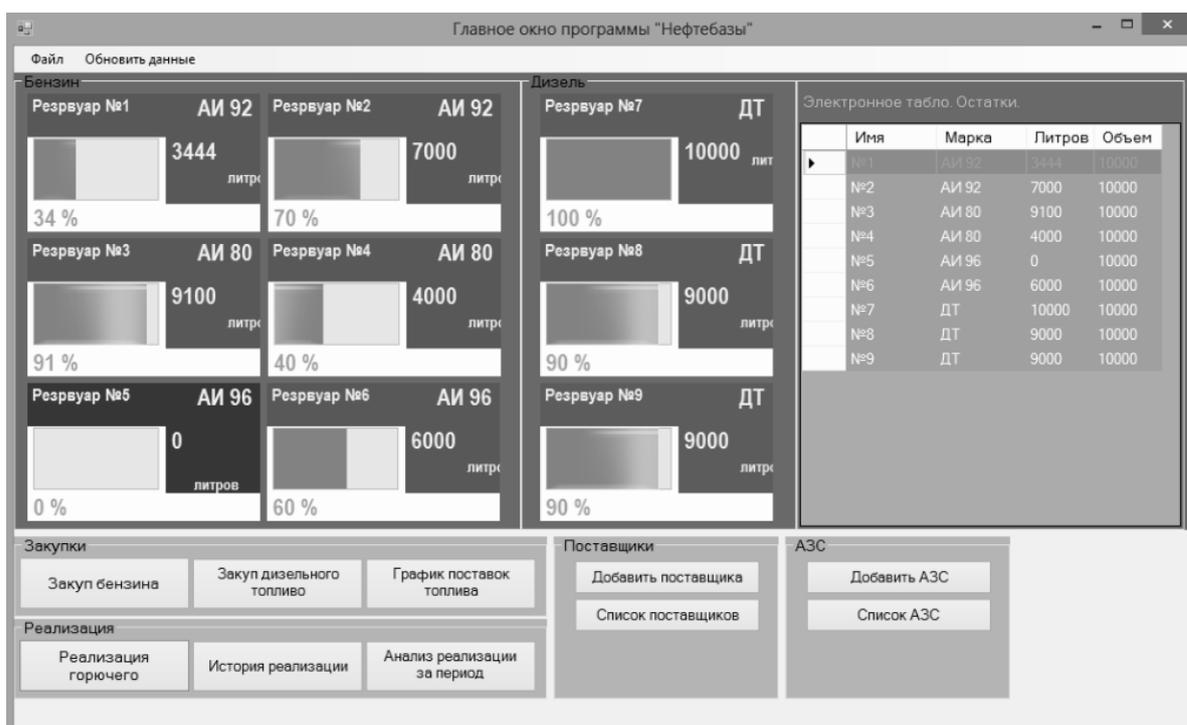


Рисунок 2– Интерфейс программной модели, демонстрирующий наполняемость резервуаров и возможность управления АЗС сети

### Результаты

Предлагаемая программная модель имеет две подсистемы [3, 4]:

1) подсистему, предназначенную для работы с данными, а именно данными по каждому виду горючего (поставка и реализация), данными по поставщикам горючего, а также корректировку имеющихся данных;

2) подсистему, позволяющую выполнять прогноз реализации горючего с учетом сезонности.

Подсистема «Управления данными» предназначена для решения задачи учета сведений об объемах поставок и реализации нефтепродуктов всеми АЗС сети, учета данных о поставщиках различного вида горючего и его стоимости, возможных объемов, которые этот поставщик может предоставить. Данный модуль имеет алгоритмическую возможность первичной обработки данных, а именно суммирования объемов реализации по всем АЗС для получения данных по сети в целом.

Подсистема «Прогнозирование» состоит, в свою очередь, из двух модулей, которые реализуют два упомянутых выше способа вычисления прогнозных величин:

– модуль, выполняющий прогнозирование с помощью прямой линии с учетом сезонности спроса на горючее;

– модуль, определяющий прогноз с помощью метода экспоненциального сглаживания.

Программный продукт представляет набор взаимосвязанных модулей. При этом каждый модуль имеет экранную форму. С помощью этих форм пользователь может выполнять необходимую корректировку данных. Помимо корректировки имеется возможность вывода требуемой графической интерпретации изменения объемов нефтепродуктов в сети АЗС.

Перечисленные возможности реализованы с помощью выбора соответствующих команд (см. рисунок 1). Представление о структуре предлагаемой программной модели дает рисунок 3.

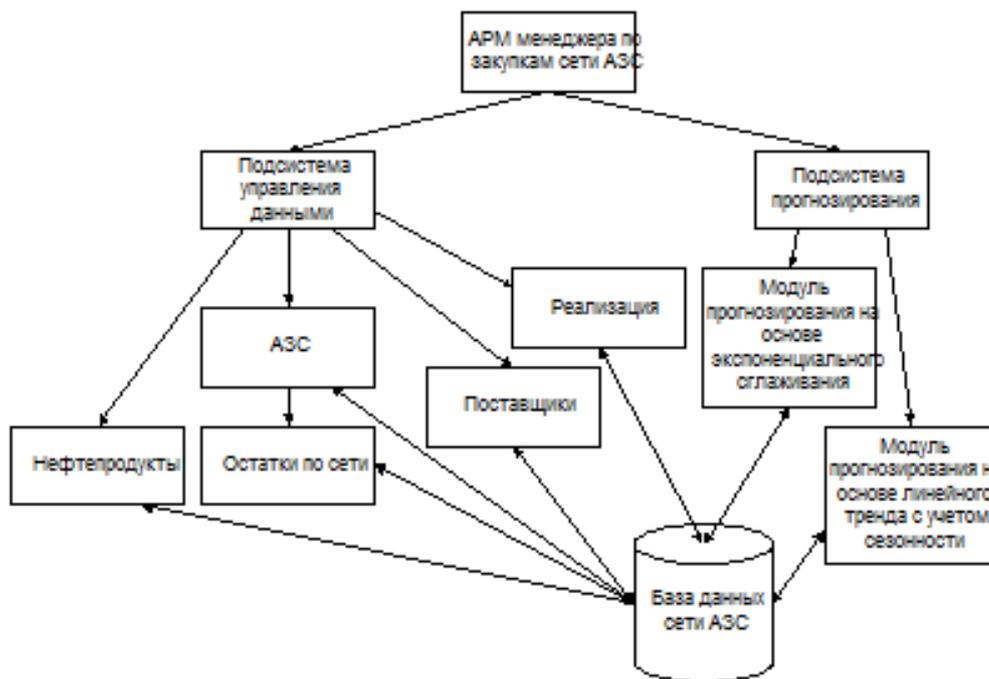


Рисунок 3 – Структура информационной системы, реализующей модель управления сетью АЗС

Подсистема управления данными. В задачи подсистемы входит занесение информации по объему поступления, реализации и текущих остатков нефтепродуктов на складах и на АЗС сети. Кроме того, выполняется контроль принятия решений о закупке всей линейки нефтепродуктов. Контроль выполняется с учетом дат поставки и объемов продаж.

Эта подсистема предназначена для улучшения управляющих функций менеджера (см. рисунок 3), в обязанности которого входит контроль текущих остатков нефтепродуктов на предприятии с целью своевременной их закупки, для чего необходимо осуществлять:

- анализ динамики реализации и остатков по видам нефтепродуктов по месяцам;
- анализ динамики реализации и остатков нефтепродуктов по АЗС по месяцам;
- прогноз объемов реализации и, соответственно реализации, объемов закупки на следующий месяц.

На рисунке 4 представлена диаграмма потоков данных, которые должны обрабатываться информационной системой для решений задач менеджера по закупкам и распределениям нефтепродуктов по автозаправочным станциям сети.

Диаграмма потоков графически представляет функции, которые манипулируют данными, хранят и распределяют данные между системой и ее средой, а также между компонентами системы. Сами данные хранятся в таблицах реляционной модели. В таблице 1 представлена структура информации по закупкам нефтепродуктов. Информация по остаткам и продаже имеет аналогичную структуру.

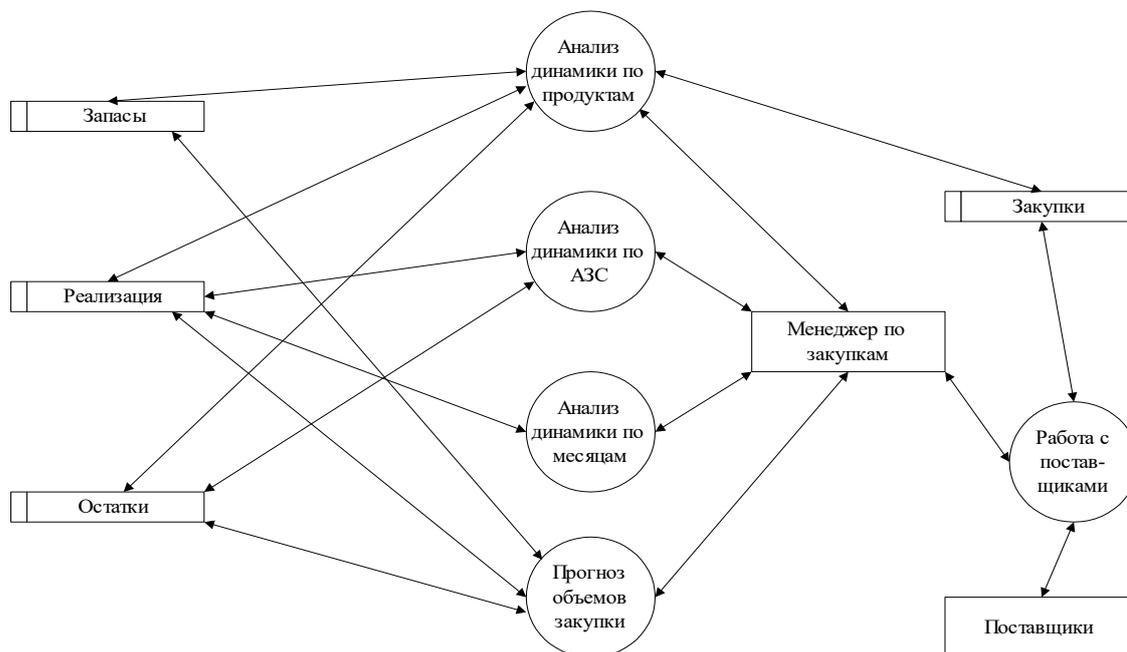


Рисунок 4 – Диаграмма потоков данных менеджера по закупкам нефтепродуктов сети АЗС

Таблица 1– Структура информации о заказах на нефтепродукты и остатках нефтепродуктов в системе АЗС

Наименование	Имя поля
Дата	PDate
Марка	ProdType
Код	SupCode
Цена	Price
Количество	Qty
Код поставщика	Post

Учет нефтепродуктов на данной сети АЗС реализован посредством таблиц данных: по закупкам, реализации и остаткам нефтепродуктов по каждому имеющемуся в продаже виду горючего. Сюда же входят и функции заказа необходимого объема конкретного нефтепродукта у поставщиков, формирование документов на закупку горючего, а также фиксирование поступления нефтепродукта в сеть АЗС.

Данные по определенному нефтепродукту включают (см. таблица 1):

- название нефтепродукта;
- цену на данный нефтепродукт;
- объем остатка нефтепродукта (только в нефтехранилищах);
- объем остатка нефтепродукта по каждой АЗС.

Суммарный объем оставшегося нефтепродукта во всей сети вычисляется путем суммирования объемов, хранящихся в нефтехранилищах, и объемов, хранящихся на каждой АЗС в отдельности. Рисунок 2 дает представление пользователю об объемах запасов нефтепродукта в резервуарах АЗС.

При желании проанализировать объемы поставок или реализации нефтепродуктов за заданный временной период менеджер может выбрать необходимую функцию. Так, на рисунке 5 изображена история поставок нефтепродуктов в течение последнего года: с 18 мая 2019г. по 19 мая 2020г.

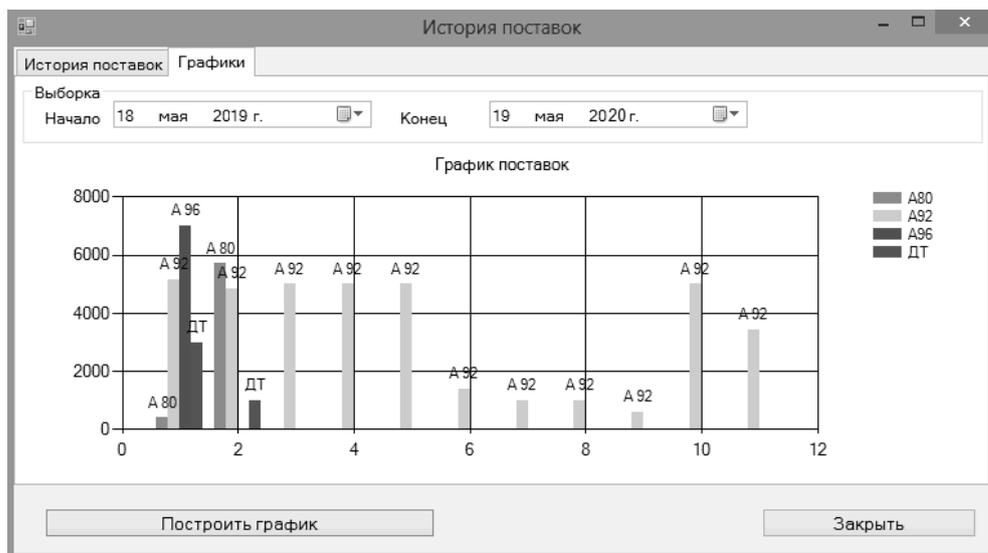


Рисунок 5 – История поставок нефтепродуктов в течение года

На рисунке 6 изображено значение поставок нефтепродуктов на АЗС, номер которой пользователь должен выбрать в выпадающем списке. Если менеджер решает перебросить какую-то часть нефтепродукта на другую станцию, то сразу же после выбора номера станции, куда осуществится переброска нефтепродукта, а также объема перебрасываемого топлива, исходные данные обновляются, и строится новый прогноз по участвующим в операции станциям и виду топлива.

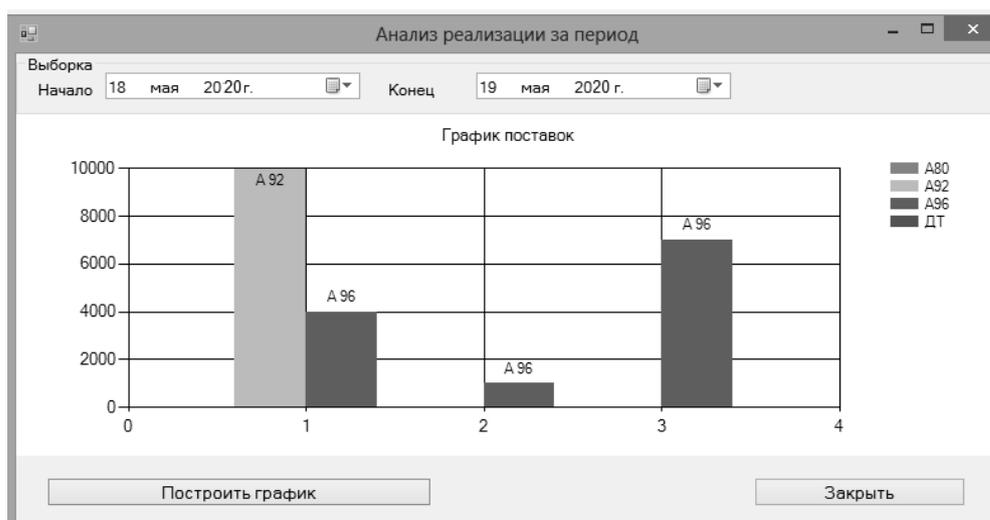


Рисунок 6– Диаграмма реализации нефтепродуктов по выбранной станции

Подсистема прогнозирования. Расчет параметров прогнозной тенденции выполняется с применением метода наименьших квадратов. В модели имеется возможность выбора метода прогнозирования. Например, можно выполнить прогноз спроса с помощью, скользящей средней или экспоненциального сглаживания.

Модуль прогнозирования с помощью прямой линии. Получаемая с помощью этого модуля прямая линия наилучшим образом аппроксимирует имеющиеся за выбранный временной период данные. Причем, временной диапазон определяется по сезонам, имеющим различие в спросе на нефтепродукты. Кроме того, возможно вычислить прогноз одним из двух предлагаемых методов: простого скользящего среднего или взвешенного скользящего среднего. Прогноз на основе простого скользящего среднего (арифметическое скользящее среднее) вычисляется с помощью среднего арифметического значений сирса за выбранный период по формуле [5, 6]:

$$S_t = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-i} s_{t-i}, \quad (1)$$

в данной формуле  $S_t$  — значение объема реализованного выбранного вида нефтепродукта, определяемого методом простого скользящего среднего в выбранный пользователем прогнозируемый временной период;

$n$  — количество значений объема реализации выбранного вида нефтепродукта  $S_{t-1}$  за предыдущие временные периоды  $t-i$ , используемые для расчёта скользящего среднего. Эти периоды представляют, так называемый «сглаживающий интервал». Чем длиннее такой «сглаживающий интервал», тем искома прямая получается более плавной.

При прогнозировании спроса с помощью данного выбранного метода пользователь имеет возможность сделать более значимым некоторые значения этой последовательности временных данных. Это можно сделать, проанализировав график продаж. Например, если внутри «сглаживающего интервала» имеется явная нелинейная тенденция (было увеличение или уменьшение спроса), или последние данные по спросу должны восприниматься моделью как более актуальные данные, то прогноз выполняется с помощью метода взвешенного скользящего среднего.

При вычислении прогноза с помощью этого метода вес каждого члена исследуемого динамического ряда, начиная с первого, равен соответствующему члену арифметической прогрессии. Таким образом, последние значения динамического ряда данных по спросу выбранного вида нефтепродукта получают более значимый коэффициент [5, 6]:

$$S_t = \frac{2}{n \cdot (n + 1)} \sum_{i=0}^{n-1} (n-i) \cdot s_{t-i} \quad (2)$$

Вычисление оптимального значения данного параметра в программе решено на основе метода наименьших квадратов. Программа вычисляет его автоматически, исходя из требования минимума величины отклонения прогнозируемого спроса на данный вид горючего. При этом, алгоритм предполагает выбор реальных данных предпоследнего и последнего учетного месяца. В программе имеется возможность (при необходимости) отказаться от оптимизации и ввести вручную желаемое значение коэффициента сглаживания.

Модуль прогнозирования на основе экспоненциального сглаживания. Если при прогнозировании спроса пользователь выбирает метод простого экспоненциального сглаживания, то по алгоритму программой более «старым» значениям реальных данных приписываются экспоненциально убывающие веса. Прогноз с помощью этого метода, в отличие от метода скользящего среднего, принимает в расчет все данные по реализации нефтепродукта за год. Пользователь не может выбирать по своему предпочтению временной интервал. Формула, по которой вычисляется прогнозируемое значение потребности нефтепродукта методом экспоненциального сглаживания приведена ниже [5, 6]:

$$S_{t+1} = \alpha \cdot s_t + (1-\alpha) \cdot s_{t-1} \quad (3)$$

Значения «сглаживающего коэффициента» может выбрать пользователь. Для этого в программе имеется специальная возможность. Он выбирается из условия:  $0 > \alpha > 1$ . В алгоритме метода экспоненциального сглаживания веса значениям спроса назначаются дифференцированно. Поясним это требование: последнее наблюдение получает значение  $\alpha$ , а вес всех предыдущих наблюдений будет вычислен с помощью [5, 6]:

$$\alpha(1-\alpha)^i \quad (4)$$

В результате прогностическая оценка спроса на выбранный нефтепродукт находится с помощью выражения [5, 6]:

$$S_{t+1} = \alpha \cdot s_t + \alpha(1-\alpha)s_{t-1} + \alpha(1-\alpha)^2 s_{t-2} + \dots + \alpha(1-\alpha)^i s_{t-i}, \quad (5)$$

где  $S_{t+1}$  — прогноз спроса на нефтепродукт;

$s_{t-i}$  — значение спроса на нефтепродукт, наблюдавшееся  $i$ -периодов назад.

В процессе построения прогноза выполняется визуализация исходных данных и оценка погрешности моделирования.

#### Обсуждение

В результате работы программной модели пользователю представляется возможность построения прогнозов с учетом сезонности. При этом пользователь может выбрать графическую иллюстрацию, интерпретирующую потребность в различных видах горючего как по сети в целом, так и по станциям в отдельности. Интерфейс модели, предоставляющий информацию о наличии горючего в резервуарах на текущий момент (см. рисунок 2), позволит лицу, принимающему решения, определиться с необходимыми объемами горючего для поставок на следующий период.

**Заключение**

Созданная информационная система обеспечивает поддержку принятия управленческого решения менеджером по закупкам сети АЗС путем построения прогноза объемов реализации на следующий месяц. Управление с помощью предлагаемой программной модели делает работу менеджера намного проще, а результаты такого управления более качественными. При своевременном и корректном внесении данных управленческие решения, предлагаемые данной программой, становятся надежнее, так как в них сведено до минимума влияние человеческого фактора и учитываются прогнозные данные.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

- 1 Десятриков А.А. Проектирование систем поддержки принятия решений по управлению рисками проектов и их реализация в информационной среде предприятия. - Воронеж: Воронежский гос. техн. ун-т, 2012. – 158 с.
- 2 Дьячко А.Г. Математическое и имитационное моделирование производственных систем. – М.: МИСИС, 2007. – 537 с.
- 3 Девятков В.В. Имитационное моделирование: учебное пособие / Н.Б. Кобелев, В.А. Половников, В.В. Девятков. – М.: КУРС, НИЦ ИНФРА. – М., 2013. - 368 с.
- 4 Лычкина Н.Н. Имитационное моделирование экономических процессов: учебное пособие. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2012. - 254 с.
- 5 Бранд З. Анализ данных. Статистические и вычислительные методы для научных работников и инженеров. – М.: Мир, 2003. - 686 с.
- 6 Вентцель Е.С. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения/ Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. - М.: Наука, 1991. - 384 с.

**REFERENCES**

- 1 Desyatrikov, A.A. (2012). Proektirovanie sistem podderzhki prinyatiya reshenij po upravleniyu riskami proektov i ih realizaciya v informacionnoj srede predpriyatiya [Designing decision support systems for project risk management and their implementation in the enterprise information environment]. Voronezh: Voronezhskij gos. tekhn. un. [in Russian].
- 2 Dyachko, A.G. (2007). Matematicheskoe i imitacionnoe modelirovanie proizvodstvennyh sistem: Nauchnoe izdanie [Mathematical and Simulation of Production Systems: Scientific Edition]. Moscow: MISIS [in Russian].
- 3 Devyatkov, V.V., Koblelev, N.B. & Polovnikov, V.A. (2013). Imitacionnoe modelirovanie: Uchebnoe posobie [Simulation Modeling: A Tutorial] - Moscow: KURS, NIC INFRA-M [in Russian].
- 4 Lychkina, N.N. (2012). Imitacionnoe modelirovanie ekonomicheskikh processov: Uchebnoe posobie [Simulation of Economic Processes: A Training Manual] - Moscow: NIC INFRA-M [in Russian].
- 5 Brand, Z. (2003). Analiz dannyh. Statisticheskie i vychislitelnye metody dlya nauchnyh rabotnikov i inzhenerov [Data analysis. Statistical and computational methods for scientists and engineers]. Moscow: Mir [in Russian].
- 6 Ventcel, E.S. & Ovcharov, L.A. (1991). Teoriya sluchajnyh processov i ee inzhenernye prilozheniya [Theory of random processes and its engineering applications]. Moscow: Nauka [in Russian].

**Н.М. Зайцева<sup>1\*</sup>, А.Т. Капсалькова<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup> Инновациялық Еуразия университеті, Қазақстан

**Автожанармай құю станциялары желісінің үлгісінде нысанды басқаруды модельдеу**

Автожанармай құю станцияларының желісін басқару кезінде мынадай міндеттерді динамикада шешу қажет: 1) сатылатын мұнай өнімдерінің түрлері бойынша сатып алу көлемін анықтау және 2) желінің автожанармай құю станциялары бойынша мұнай өнімдері түрлерінің қолда бар көлемін қайта бөлу.

Осы басқару міндетінің ерекшелігі, мұнай өнімдерін сақтау қоймаларын толықтыру орталықтандырылған түрде жүзеге асырылады, ал әрбір жанармай түрін өткізу желінің жекелеген автожанармай құю станцияларында, яғни көптеген пункттерде жүргізіледі. Бұл ретте нақты мұнай өнімдеріне маусымдық сұранысты ескере отырып, әрбір желі станциясының әрбір сатылатын жанар түрінің көлемін жеке-жеке есепке алу жүргізілуі тиіс. Сұранысты үлгілеуден басқа, сұранысқа байланысты сатып алу көлемін ұлғайту немесе азайту мүмкіндігімен жеткізушілерден сатып алынуы мүмкін мұнай өнімдерінің көлемі бойынша ақпарат қажет. Осы міндетті шешу үшін жеткізу көлемінің ықтимал диапазоны бар мұнай өнімінің нақты түрін жеткізушілердің тізбесі айқындалуға тиіс.

Ұсынылған модельде жоғарыда аталған міндеттерді шешуге әрекет жасалды. Оларды шешу үшін Visual Studio C# бағдарламалау ортасының және MS SQLServer деректер қорын басқару жүйесінің көмегімен іске асырылған басқару моделі әзірленді. Деректер базасы кестелерінің құрылымын әзірлеу

кезінде Петри желісі негізінде май құю станцияларының желісін басқару міндеті ескерілді: яғни базаның кестелерінде мұнай өнімдерін жеткізу көлемі, мұнай өнімінің әрбір түрін сату көлемі, сондай-ақ жеткізу және сату уақыты бойынша ақпаратты сақтау көзделген. Барлық жанармай түрлері бойынша орталықтандырылған сатып алу міндетін шешу үшін деректер базасында өнім берушілер және олардың мұнай өнімдерінің әр түрін жеткізу мүмкін болатын көлемдері туралы ақпараты бар кестелер көзделген.

Сұранысты болжау міндеттерін шешу үшін модельге жанудың әрбір түрі бойынша жеке жинақталатын динамикалық деректер қатары негізінде мұнай өнімдерін сату көлемі бойынша болжау алгоритмдері енгізілген. Болжам алдағы кезеңге мұнай өнімін сатып алудың қажетті көлемін бағалау мақсатында орындалды. Болжам алгоритмдері екі әдістің көмегімен жүзеге асырылды: 1) сызықтық аппроксимация және 2) Экспоненциалды тегістеу көмегімен. Іске асырылған екі алгоритм сұраныстың маусымдылығын ескеруге мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: моделдеу, тұтынуды болжау, деректердің динамикалық қатарлары, логистика, шешу әдісі, ақпараттық технологиялар, Петри желілері

**N. Zaytseva<sup>1</sup>, A. Kapsalykova<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup> Innovative University of Eurasia, Kazakhstan

### **Simulation of property management using the example of filling station chain**

When managing a filling station chain, it is necessary to solve the following tasks in dynamics: determining the volume of purchases by types of oil products sold and redistributing the available volume of various types of oil products to filling station chain.

The peculiarity of this control task is that the replenishment of the storage of oil products is carried out centrally, and the sale of each type of fuel is carried out at separate filling stations of the network, that is, in many points. At the same time, the volume of each type of fuel sold by each station of the network should be taken into account separately, taking into account the seasonal demand for a specific oil product. In addition to modeling demand, information is needed on the volume of petroleum products that can be purchased from suppliers with the possibility of increasing or decreasing the volume of purchases due to demand. To solve this problem, a list of suppliers of a specific type of oil product with a possible range of supply volumes must be determined.

In the proposed model, an attempt is made to solve the above problems. To solve them, a management model was developed, which was implemented using the Visual Studio C # programming environment and MS SQLServer DBMS. When developing the structure of the database tables, the task of managing a network of filling stations based on the Petri net was taken into account: that is, the database tables provided for storing information on the volumes of supplies of petroleum products, the volume of sales of each type of petroleum product, as well as the time of deliveries and sales. To solve the problem of centralized procurement for all types of fuel, the database provided tables with information about suppliers and possible volumes of supplies by them of various types of petroleum products.

To solve the problems of forecasting demand, the model includes algorithms for predicting the volume of sales of petroleum products based on the accumulated time series of data for each type of fuel separately. The forecasting was carried out in order to assess the required volumes of purchases of oil products for the coming period. The prediction algorithms are implemented using two methods: linear approximation and exponential smoothing. Both algorithms take into account the seasonality of demand.

Keywords: modeling, consumption forecasting, dynamic data series, logistics, solution method, information technology, Petri networks.

**Дата поступления рукописи в редакцию: 10.08.2020г.**