

УДК 519.71

## Программный пакет Cone. Структура и реализация

© О. Е. Каледин<sup>1</sup>, Л. А. Сухарев<sup>2</sup>

**Аннотация.** В работе дается краткое описание программного пакета Cone и его возможностей при построении математических моделей динамических процессов, основанных на известных статистических данных.

**Ключевые слова:** математическая модель, дифференциальное включение, конус возможных решений, функционал качества, структура программы, программное обеспечение.

На сегодняшний день наука достаточно далеко продвинулась в разработке технологий прогнозирования. Специалистам хорошо известны методы математической статистики, нейросетевого прогнозирования, нечёткой логики и т.п. Разработаны соответствующие программные пакеты, но на практике они, к сожалению, не всегда доступны рядовому пользователю. При этом часто прогнозы составляются с использованием программного продукта для работы с электронными таблицами Microsoft Excel.

В данной работе представлено описание программного обеспечения для построения прогноза развития динамического процесса по известным многолетним статистическим данным. Исследуемые процессы предполагаются периодическими или «сезонными». Дело в том, что понятие «сезон» в прогнозировании применим к любым систематическим колебаниям. Например, если речь идёт об изучении товарооборота в течение недели, то под термином «сезон» понимается один день. Кроме того, цикл колебаний может существенно отличаться (как в большую, так и в меньшую сторону) от величины в один год. И если удаётся выявить величину цикла этих колебаний, то такую статистическую информацию можно использовать для прогнозирования с использованием программного пакета Cone.

Пакет Cone предназначен для решения задачи в следующей математической постановке.

- Имеются статистические данные — база данных  $X_{T_0, T_1}$ . Предполагается, что они описывают некоторый процесс  $x = x(t)$ ,  $t \in [T_0, T_1]$  и  $x \in AC[T_0, T_1]$ , где  $AC[T_0, T_1]$  - класс абсолютно-непрерывных функций на  $[T_0, T_1]$ .
- Требуется найти все такие абсолютно непрерывные функции на  $[T_0, T_1]$ , которые порождают базу данных  $X_{T_0, T_1}$ . Здесь известен следующий результат [1]: все такие функции удовлетворяют решению дифференциального включения

$$\frac{dx}{dt} \in F(t, x),$$

где  $F(tx,)$  - многозначная функция, которую можно построить задав ее "границы" применения. То есть дифференциальное включение заменяется дифференциальным неравенством

$$\mu(t, x) \leq \frac{dx}{dt} \leq \lambda(t, x).$$

Для построения функций  $\lambda = \lambda(t, x)$  и  $\mu = \mu(t, x)$  можно применять различные методы, лишь бы выполнялись условия существования решения задачи Коши - условия

<sup>1</sup>Аспирант кафедры прикладной математики МордГУ, Мордовский государственный университет, г. Саранск; kaledinoe@gmail.com.

<sup>2</sup>Зав. каф. алгебры и геометрии МордГУ, Мордовский государственный университет, г. Саранск; suharev\_la@mail.ru.

Зарембы. Поэтому функции  $\lambda$  и  $\mu$  предполагаются квазимоноotonно неубывающими. Сегмент  $[T_0, T_1]$  - это участок, на котором поведение вектора  $x = x(t)$  известно - оно определено статистикой. Повлиять на вектор  $x = x(t)$  уже нет возможности, поэтому промежуток  $[T_0, T_1]$  называют неуправляемым [1].

- На промежутке  $[T_1, T_2]$  - в "новом" сезоне, необходимо построить прогноз, функцию  $x = x(t)$ , которая описывала бы все возможные поведения процесса. Исследование поведения решений дифференциальных включений можно проводить без использования функционала качества, и с ним —  $I = I(t, x, u)$ . Здесь предполагается, что на промежутке  $[T_1, T_2]$  имеется возможность управлять процессом с помощью некоторой функции  $u = u(t)$  из некоторого класса допустимых управлений  $K \subset AC[T_1, T_2]$ . Ясно, что  $x = x(t, x, u) \in AC[T_1, T_2]$  и на промежутке  $[T_1, T_2]$  удовлетворяет новому дифференциальному включению

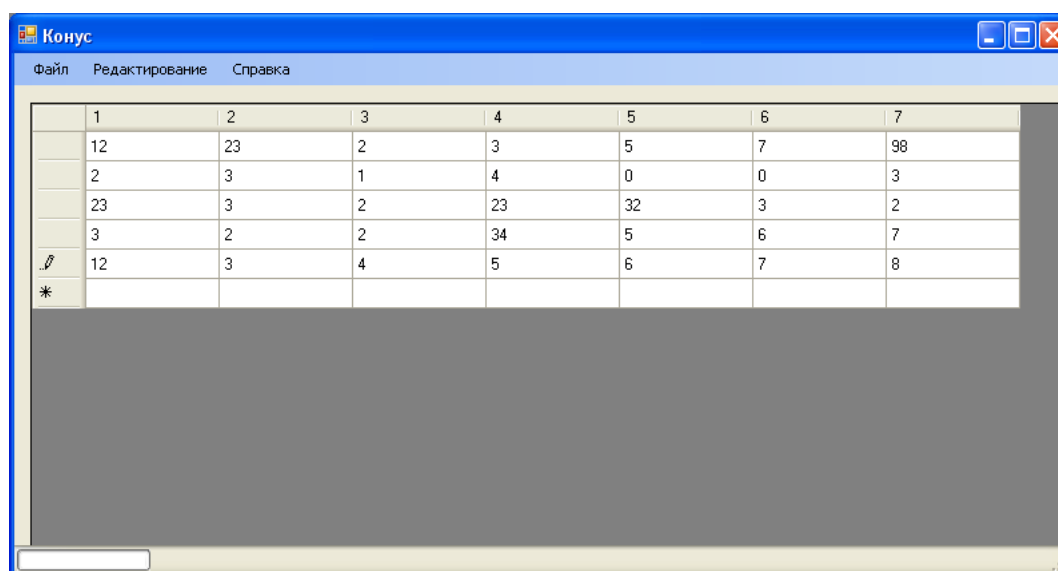
$$\frac{dx}{dt} \in F_1(t, x, u)$$

. Задача состоит в том, чтобы построить правую часть этого включения. А именно, построить квазимоноotonные функции  $\lambda = \lambda_1(t, x, u)$  и  $\mu = \mu_1(t, x, u)$  такие, что

$$\mu_1(t, x, u) \leq \frac{dx}{dt} \leq \lambda_1(t, x, u)$$

при всех  $t \in [T_1, T_2]$  и допустимых управлениях  $u \in K$ .

Решать такую задачу прямыми вычислениями без привлечения численных методов и создания программного обеспечения, по крайней мере, нерационально. Поэтому мы предлагаем для решения поставленных задач (хотя бы в некоторых частных случаях) использовать специализированное программное обеспечение "Cone". Цель пакета "Cone" построить границы конуса возможных решений при различных управлениях с заданным функционалом качества и без него.



Р и с у н о к 1.1

Главное окно приложения, ожидающее импорта данных

Программный пакет «Cone» состоит из нескольких независимых блоков. Окно приложения после его запуска выглядит так, как показано на рисунке 1.1:

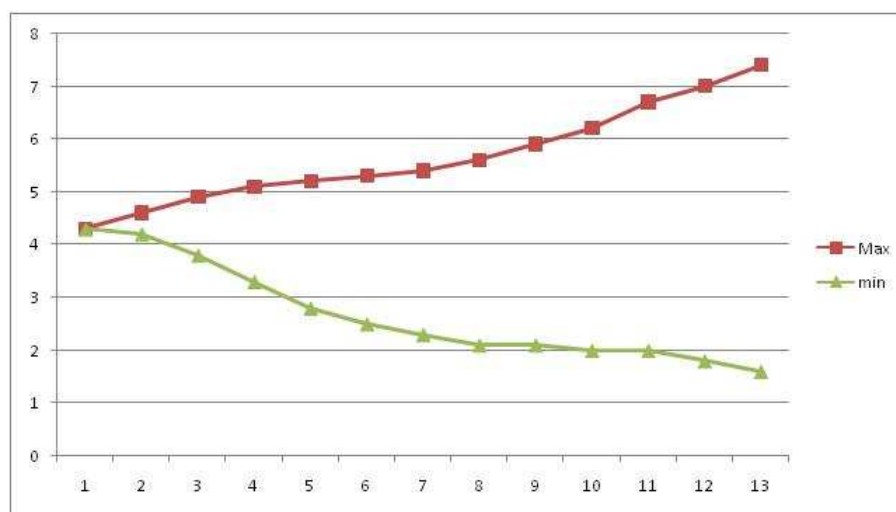
В блоке ввода данных происходит импорт данных в систему и проверка на корректность. После передачи данных приложению, последующей проверки их на корректность, происходит, собственно, обработка данных - построение разделенных разностей, поиск максимумов и минимумов разделенных разностей. По окончании этапа построения минимумов и максимумов разделенных разностей, меню программы предусматривает выбор метода построения конуса возможных траекторий. Блок «Построение конуса возможных решений на неуправляемом участке» можно реализован двумя методами.

- Если функции правых частей для уравнений сравнения  $\mu$  и  $\lambda$  ищутся в виде максимумов и минимумов производных на соответствующих разбиениях сетки. В этом случае решения уравнений сравнения - ломаные, составленные из прямых

$$y = kx + C.$$

- Если функции  $\mu$  и  $\lambda$  - аппроксимируются другим способом. В этом случае для построения конуса возможных траекторий необходимо сначала решение соответствующих уравнений сравнения.

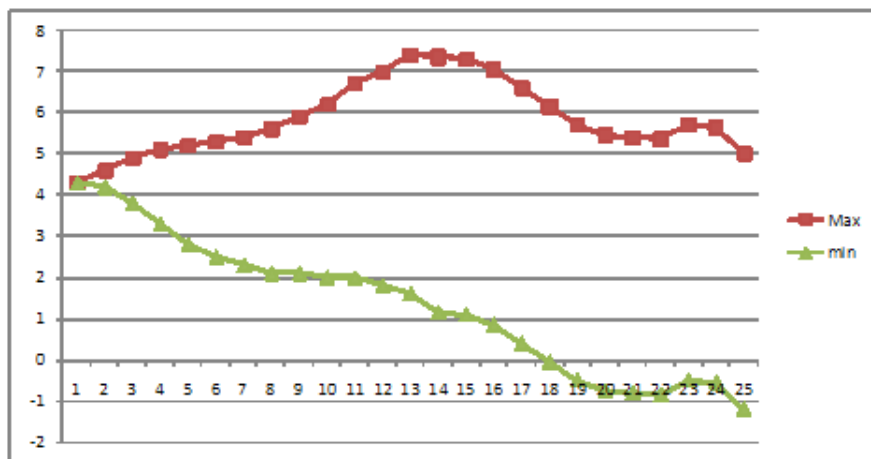
Выбрав соответствующий пункт меню, мы можем, например, методом «ломаных» построить конус возможных решений на неуправляемом участке. Результат построений отображается графически (см. рис. 1.2). Допускается вывод результата в отдельный графический файл.



Р и с у н о к 1.2

Конус возможных траекторий

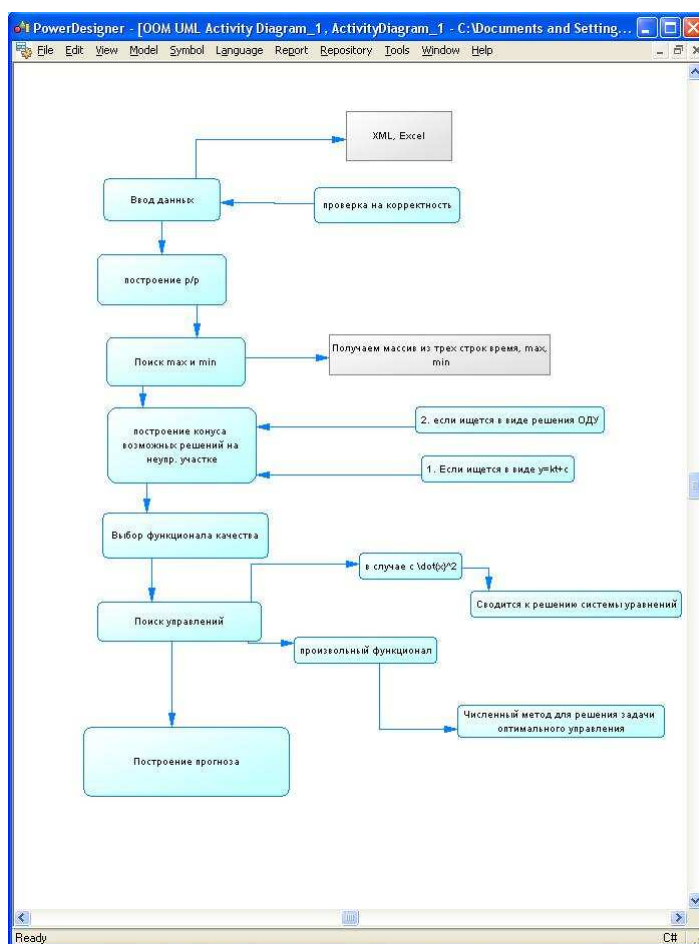
Задав в настройках нужный функционал качества и начальные данные, можно построить прогноз развития процесса и отобразить его в графическом виде. Это уже управляемый участок  $[T_1, T_2]$ . На нем полученный прогноз отображается в виде отдельного окна приложения в графическом виде и в виде базы данных. Возможен вывод прогноза в отдельный файл. Функционал качества накладывает серьезные ограничения на численные методы решения. Мы здесь предлагаем использовать стандартный подход: функционал качества заменяется на сетке интегральной суммой. В этом случае возникает необходимость решать систему, вообще говоря, нелинейных алгебраических уравнений. В дальнейшем предполагается численно реализовать Метод нахождения оптимальных управления с помощью принципа максимума Понтрягина.



Р и с у н о к 1.3

Конус возможных траекторий

Блок схема работы приложения представлена на рисунке



Р и с у н о к 1.4

Блок-схема работы приложения

Приложение для прогнозирования Cone разрабатывалось в среде Visual Studio 2008 под платформу .net framework. Для корректной его работы необходимо наличие установленной на компьютере библиотеки .net framework 2.0 и выше.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Воскресенский Е. В.* Анализ баз данных и программных движений// Труды СВМО, 2008. — Т. 10, № 1. — С. 8–13.
2. *Бахвалов Н. С.* Численные методы/ Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков — М.: Бином.Лаборатория знаний, 2008. — 636 с.

*Дата поступления 27.10.2009*

---

# The Software Cone. Implementation and Structure.

© O. E. Kaledin<sup>3</sup>, L. A. Suharev<sup>4</sup>

**Abstract.** In operation the short description of software package Cone and its possibilities is given at construction of mathematical models of the dynamic processes grounded on the known statistical data

**Key Words:** mathematical model, differential inclusion, cone of possible solutions, quality functional, program structure, the software.

## REFERENCES

1. Voskresensky E. V. Analysis of databases and programmed motions// Proc. of Middle-Volga Math. Soc. (Trudy Srednevolzhskogo Matematicheskogo Obshchestva), Saransk, v. 10, 1, p. 8–13, 2008.
2. Bakhvalov N. S. Numerical methods/ I. N. Aoaiaia, N. P. Zhidkov, G. M. Kobel'kov — Moscow: Binom.Laboratoria znaniy, 2008. — 636 p.

---

<sup>3</sup>Post graduate of chair Applied Mathematics, Mordovian State University, Saransk; kaledinoe@gmail.com.

<sup>4</sup>Head of algebra and geometry chair, Mordovian State University, Saransk; suharev\_la@mail.ru.