

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ПОИСКА ОПТИМАЛЬНЫХ ПО СТОИМОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ КОМБИНАТОРНЫХ ПЛАНОВ ЭКСПЕРИМЕНТА

Для повышения эффективности экспериментальных исследований разработаны программные средства, позволяющие получать математические модели объектов при минимальных временных и стоимостных затратах.

Для підвищення ефективності експериментальних досліджень розроблені програмні засоби, що дозволяють отримувати математичні моделі об'єктів при мінімальних часових та вартісних витратах.

For increase of experimental researches efficiency the software are developed, that allows to receive mathematical models of objects at the minimum time and cost expenses.

Постановка проблемы. Экспериментальные методы находят все большее применение в промышленности для оптимизации производственных процессов. Целью этих методов является поиск оптимальных уровней факторов, определяющих течение процесса производства. При этом важное значение приобретает повышение эффективности экспериментальных исследований, направленных на получение адекватной математической модели процесса при минимальных временных и стоимостных затратах.

Одно из важнейших направлений - создание методов построения математических моделей по результатам многофакторных экспериментов и статистическим данным, которые позволяют повысить эффективность исследований. Важными достоинствами методов планирования эксперимента являются также их универсальность и пригодность для многих областей исследования.

Для повышения эффективности исследований большое значение имеет разработка стратегии оптимального планирования эксперимента. В условиях промышленного эксперимента основная цель - извлечение максимального количества объективной информации о влиянии изучаемых факторов на производственный процесс с помощью наименьшего числа дорогостоящих наблюдений.

Анализ последних исследований и публикаций. При построении планов многофакторного эксперимента (МФЭ) обычно полагают, что опыты равноценны и пренебрегают стоимостью проведения эксперимента. Однако, опыты, в большинстве случаев, не являются равноценными и на стоимость реализации эксперимента существенное влияние оказывает порядок чередования уровней изменения факторов [1].

При активном эксперименте экспериментатор может менять значения факторов по заданной программе путем изменения порядка выполнения опытов, т.е. производя перестановку строк матрицы планирования эксперимента. При этом, в общем случае, будет меняться и стоимость изменения значений уровней факторов.

В работе [2] предложен комбинаторный подход к построению планов МФЭ, учитывающий стоимость изменения уровней факторов. Задача поиска оптимальных планов МФЭ является сложной комбинаторной задачей.

Среди зарубежных программных средств, разработанных для автоматизации процесса решения задач планирования, проведения и обработки данных эксперимента наибольшее распространение нашли программы "Design Expert", "Statistica", "Eosupport" и "IEEE Xplore" [3]. Однако, известные программные средства не учитывают специфику комбинаторных планов эксперимента и стоимость изменения уровней факторов. В связи с этим возникает необходимость разработки специализированных программных средств для поиска оптимальных комбинаторных планов.

Цель работы – разработка программных средств, позволяющих получать математические модели объектов при минимальных временных и стоимостных затратах, для повышения эффективности экспериментальных исследований.

Результаты исследований. Для автоматизации процесса поиска оптимальных комбинаторных планов разработан программный комплекс, состоящий из следующих программ.

Программа поиска оптимальных планов МФЭ [4] предназначена для автоматизации поиска оптимальных комбинаторных планов МФЭ с учетом стоимости изменения уровней факторов. В основе работы программы лежит генерация комбинаторных конфигураций, формирование соответствующих комбинаторных планов многофакторного эксперимента, оценка их характеристик и отбор оптимального по стоимости варианта. Схема алгоритма программы приведена на рис. 1.

Глубина поиска, способ генерации комбинаторных конфигураций задается. Программа реализована на языке "Delphi". Объем программы 540672 байта. Предусмотрено два режима поиска оптимального решения: случайный поиск и последовательная генерация возможных вариантов преобразований. Количество анализируемых вариантов может быть задано, а процесс поиска может быть прерван. Это позволяет найти решение, близкое к оптимальному, за приемлемое для пользователя время.

При завершении работы формируется выходной файл, в который записывается информация об исходных данных, матрицы планирования для минимального и максимального по стоимости реализации вариантов, время счета.

Для общения пользователя с ЭВМ разработан удобный интерфейс. На рис. 2 приведено основное окно программы.

Для запуска программы необходимо нажать на кнопку "Пуск". Если количество вариантов не задано, то остановка происходит путем нажатия клавиши "Esc".

Файл исходных данных имеет следующую структуру:

- описание количества опытов;
- описание количества факторов;
- описание исходной матрицы планирования эксперимента;
- описание стоимостей начальных, конечных изменений уровней факторов;
- описание стоимостей изменения уровней факторов при переходах между опытами.

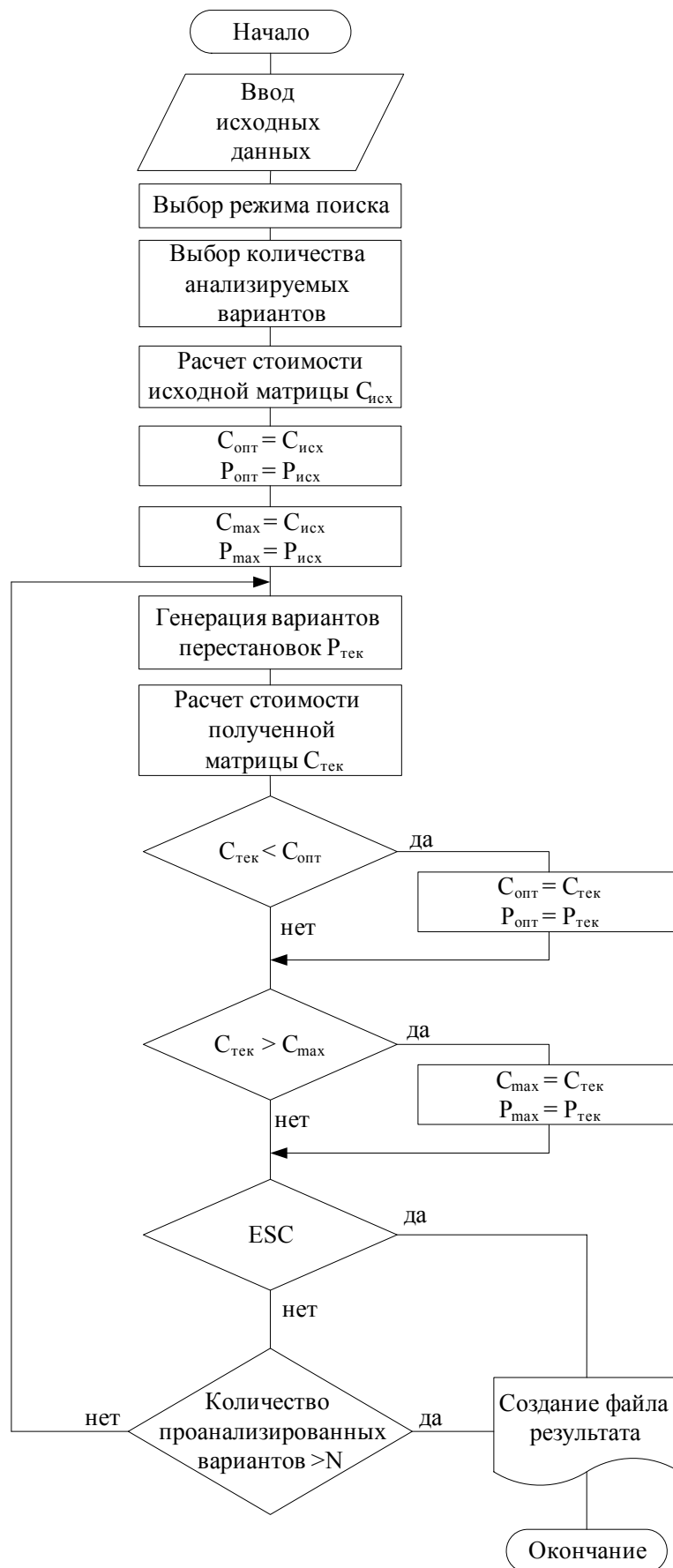


Рис. 1. Схема алгоритма программы

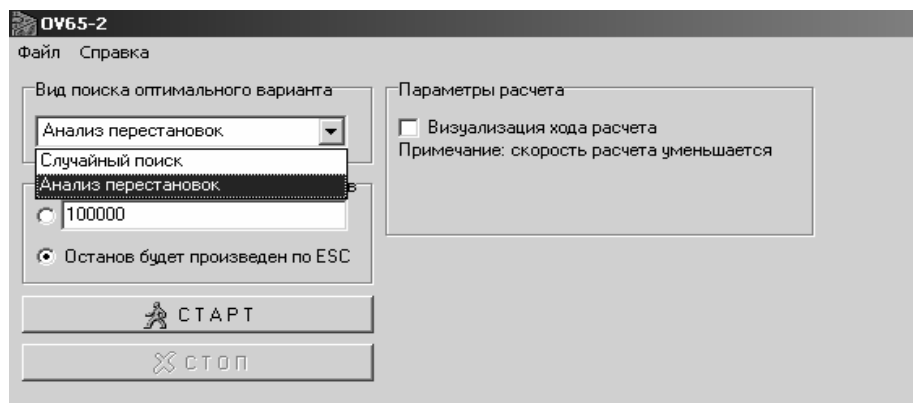


Рис. 2. Основное окно программы

Файл исходных данных для исходной матрицы планирования эксперимента, представленной в табл. 1, и стоимостей изменения уровней факторов, приведенных в табл. 2, имеет вид:

Таблица 1

Исходная матрица планирования эксперимента

Номер опыта	F1	F2	F3	F4	Номер опыта	F1	F2	F3	F4
1	-	-	-	-	9	+	-	-	-
2	-	-	-	+	10	+	-	-	+
3	-	-	+	-	11	+	-	+	-
4	-	-	+	+	12	+	-	+	+
5	-	+	-	-	13	+	+	-	-
6	-	+	-	+	14	+	+	-	+
7	-	+	+	-	15	+	+	+	-
8	-	+	+	+	16	+	+	+	+

Таблица 2

Стоимости изменения уровней факторов

Si \ Fi	F1	F2	F3	F4
Si-	0.45	0.05	0.85	0.14
Si+	0.31	0.15	0.92	2.18
Si-	0.49	1.26	1.95	1.16
Si+	0.33	1.76	2.1	0.92

16 4
0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 1 1
0 1 0 0 0 1 0 1 0 1 1 0 0 1 1 1
1 0 0 0 1 0 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1
1 1 0 0 1 1 0 1 1 1 1 0 1 1 1 1
0.45 0.05 0.85 0.14
0.31 0.15 0.92 2.18
0.49 1.26 1.95 1.16
0.33 1.76 2.1 0.92

В результате счета формируется файл результата с минимальным по стоимости порядком проведения опытов и оценка получаемого при его применении выигрыша.

Для приведенного выше примера файла исходных данных файл результата имеет вид:

"N = 16 K = 4

стоимость реализации исходной матрицы = 3.60E+01

проанализировано вариантов - 9006642

вид поиска - случайный поиск

минимальное решение:

вариант = 6131458 стоимость = 1.94E+01

порядок выполнения эксперимента :

номер : обозначение фактора
опыта : F 1 F 2 F 3 F 4

1 : - - - -
9 : + - - -
10 : + - - +
14 : + + - +
6 : - + - +
5 : - + - -
13 : + + - -
2 : - - - +
12 : + - + +
16 : + + + +
8 : - + + +
7 : - + + -
15 : + + + -
3 : - - + -
4 : - - + +
11 : + - + -

выигрыш : 1.9E+0000

Время счета : 00 час. 00 мин. 25.672 сек."

Минимальный по стоимости вариант, полученный методом случайного поиска в результате анализа 9006642 вариантов, приведен в табл. 3. Полученный оптимальный план имеет стоимость изменения уровней факторов в процессе проведения эксперимента в 1,9 раза меньше.

Программа [5] предназначена для автоматизации поиска оптимальных многоуровневых комбинаторных планов МФЭ с заданными ограничениями на перестановку опытов.

В отличие от предыдущей программы файл исходных данных содержит описание множество запрещенных переходов между опытами.

Матрица планирования эксперимента с минимальной стоимостью изменения уровней факторов

Номер опыта	F1	F2	F3	F4	Номер опыта	F1	F2	F3	F4
1	-	-	-	-	12	+	-	+	+
9	+	-	-	-	16	+	+	+	+
10	+	-	-	+	8	-	+	+	+
14	+	+	-	+	7	-	+	+	-
6	-	+	-	+	15	+	+	+	-
5	-	+	-	-	3	-	-	+	-
13	+	+	-	-	4	-	-	+	+
2	-	-	-	+	11	+	-	+	-

Разработанное программное обеспечение позволяет автоматизировать процесс решения задачи, сократить сроки разработки оптимальных по стоимости планов, повысить достоверность получаемых результатов, сократить время и стоимость проведения эксперимента.

Выводы. Разработанные программные средства для автоматизации исследования и построения оптимальных планов эксперимента имеют более широкие функциональные возможности и позволяют автоматизировать процесс решения задачи для комбинаторных планов эксперимента. Их можно эффективно использовать для моделирования различных объектов, которые позволяют осуществление на них активного эксперимента.

Список литературы

1. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий (программное введение в планирование эксперимента) / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский – М.: Наука, 1971. – 283 с.
2. Оптимальне планування експерименту при дослідженні технологічних процесів, приладів і систем: навч. посіб. / М.Д. Кошовий, О.М. Костенко, О.В. Заболотний та ін. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2009.– 161 с.
3. Волков В.В. Планирование и обработка результатов при помощи программного средства EOSUPPORT/ Вестник ДГТУ, 2008.- Т.8, - №2, С. 120-126.
4. Комп'ютерна програма “Програма синтезу планів багатфакторного експерименту” / М.Д. Кошовий, С.Г. Бестань, Г.В. Дергачова, М.В. Цеховський, В.П. Сіроклін // Свідоцтво про реєстр. авторського права на твір № 18150. – Зареєстр. в Держ. департ. інтелектуальної власності Мін. освіти і науки України 03.10.2006 р.
5. Комп'ютерна програма “Програма пошуку оптимальних багаторівневих комбінаторних планів багатфакторного експерименту з заданими обмеженнями” / М.Д. Кошовий, О.М. Костенко, В.А. Дергачов // Свідоцтво про реєстр. авторського права на твір № 36589. – Зареєстр. в Держ. департ. інтелектуальної власності Мін. освіти і науки України 18.01.2011 р.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Ткачовим В.В.
Надійшла до редакції 21.06.11*