

В. П. ПУЛЯТИН, д-р. техн. наук, зав. каф. кибернетики ХНТУСХ
им. П. Василенко,
С. Н. КОВАЛЕНКО, ассистент ХНТУСХ им. П. Василенко

КОМБИНАТОРНЫЕ АППАРАТНЫЕ МОДЕЛИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ

Пропонуються структури та склад блоків спеціалізованих цифрових обчислювальних пристроїв для підвищення ефективності розв'язання комбінаторних задач оптимізації. Основна увага приділяється принципам синтезу блоків селекції елементів комбінаторних множин за обмеженнями їх недопустимості або переваг одних елементів над іншими. Це дає змогу виділити область допустимого розв'язку задачі, на якій у подальшому здійснюється оптимізація відповідної функції мети.

Предлагаются структуры и состав блоков специализированных цифровых вычислительных устройств для повышения эффективности решения комбинаторных задач оптимизации. Основное внимание уделяется принципам синтеза блоков селекции элементов комбинаторных множеств по ограничениям их недопустимости или предпочтения одних элементов над другими. Это дает возможность выделить область допустимого решения задачи, на которой в дальнейшем осуществляется оптимизация соответствующей функции цели.

The structures and composition of blocks of special-purpose numerical computing devices for enhancement of efficiency of deciding the combinatorial problems to optimization are proposed. The main attention gives to principles a synthesis of blocks of selection of combinatorial elements on their inadmissibility restrictions or preference of one element on the others. This enables to select an area of possible deciding a problem, to which is hereinafter realized optimization corresponding criterion functional.

Постановка проблемы. Многие прикладные задачи имеют дискретную природу и связаны с необходимостью формирования и анализа соответствующих элементов комбинаторных множеств [1 – 9]. Причем, анализ этих элементов необходимо проводить с учетом заранее заданных ограничений на их недопустимость, или с учетом рекомендаций в виде предпочтений одних элементов комбинаторного множества над другими. Поиск наилучшего элемента такого комбинаторного множества необходимо осуществлять с учетом оптимизации соответствующей функции цели.

Анализ исследований и публикаций. Общим вопросам разработки аппаратных средств для автоматизации решения комбинаторных задач оптимизации с ограничениями посвящена монография [1]. Комбинаторные задачи формирования комплексов сельхозмашин для выполнения сельскохозяйственных работ рассматривались в работе [2], задача назначения сельскохозяйственной техники на выполнение полевых работ – в работе [3], планирование очередности севооборотов сельскохозяйственных культур – в работах [4, 5, 6, 8, 9]. Вычислительные аспекты перечисленных выше вопросов исследовались в работах [8 – 9].

Цель настоящего исследования. Основной задачей является создание общего подхода к разработке специализированных цифровых вычислительных устройств, которые бы давали возможность повысить эффективность (по затратам памяти, затратам времени и точности) решения соответствующих комбинаторных задач с ограничениями. При этом сокращение временных затрат может быть достигнуто за счет: отсутствия этапов составления и отладки программ и, кроме того, аппаратных (крупно блочных) реализаций подпрограмм решения задач комбинаторной оптимизации. Такое аппаратное обеспечение позволит повысить уровень автоматизации процесса исследования математических моделей.

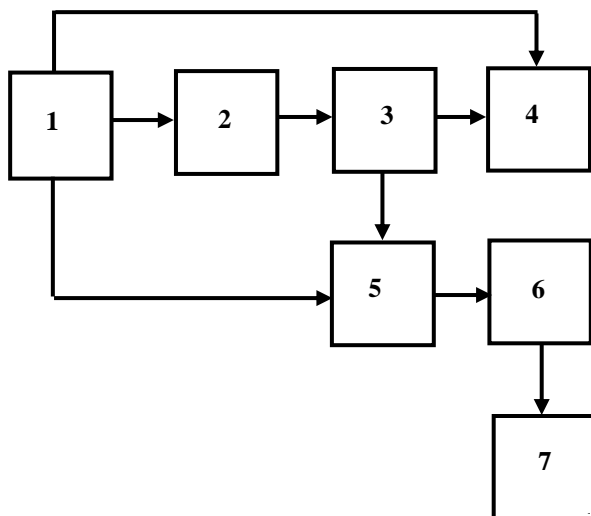


Рис. 1 – Структура и состав блоков аппаратной реализации математической модели задачи комбинаторной оптимизации

Концепция аппаратной реализации математических моделей. Основными этапами численной реализации рассматриваемых задач [8, 9], являются следующие: ввод исходных данных; задание вида функции цели; задание ограничений на недопустимость или предпочтение элементов базовых комбинаторных множеств; генерирование элементов базовых комбинаторных множеств; селекция элементов комбинаторных множеств по ограничениям недопустимости или предпочтения; формирование области допустимых решений; реализация процедуры поиска локального экстремума; реализация процедуры поиска глобального экстремума; вывод результатов решения задачи (одного или нескольких рациональных решений); принятие экспертом окончательного решения.

Приведенные выше этапы численного исследования рассматриваемых оптимизационных задач, в наиболее общем случае могут быть реализованы в виде следующей структуры специализированного процессора (рис. 1), где: блок 1 ввода информации; блок 2 перебора перестановок, сочетаний или размещений; блок 3 селектор элементов комбинаторного множества; блок 4 задания ограничений или предпочтений; блок 5 расчета значений функции цели; блок 6 определения экстремального значения функции цели; блок 7 регистрации.

В качестве блока 2 перебора перестановок, сочетаний или размещений может быть применено устройство [7]. Реализация блоков 1, 3 – 7, как правило, зависит от конкретной решаемой задачи.

Реализация на устройстве (рис. 1) оптимизационной задачи заключается в следующем. Блок 1 ввода информации позволяет задать: информацию о типе (перестановки, сочетания, размещения и др.) элементов комбинаторного множества; необходимые величины для формирования этих элементов; ограничения на недопустимость или предпочтение элементов комбинаторных множеств; критерии селекции этих элементов по ограничениям недопустимости или предпочтения; критерий окончания поиска рационального значения функции цели.

Блок 2 осуществляет генерирование соответствующих элементов комбинаторного множества (перестановки, сочетания, размещения и др.). Все полученные элементы этих дискретных множеств анализируются блоком 3 – селектором элементов комбинаторного множества, на основе заданных в блоке 4 ограничений на недопустимость или предпочтение этих элементов. Это дает возможность осуществить выделение подмножества допустимых элементов базового комбинаторного множества. Для каждого такого допустимого элемента в блоке 5 рассчитывается значение функции цели. В блоке 6 определяется рекордное значение функции цели, которое регистрируется блоком 7.

Пример реализации на устройстве (рис. 1) задачи оптимизации севооборота сельскохозяйственных культур. Рассмотрим задачу об оптимизации севооборота сельскохозяйственных культур. На n полях планируется выращивать m культур, при этом возможные следующие случаи: $n=m$; $n>m$; $n<m$. Не исключается также выращивание одной культуры на нескольких полях одновременно и необходимо учесть наличие чистых паров. Целью принятия решения о рациональном севообороте на один или несколько лет вперед является максимизация прибыли от реализации выращенной сельскохозяйственной продукции.

Для реализации на устройстве (рис. 1) этой задачи, в блоке 1 осуществляется формирование базы данных о площадях полей, средней урожайности культур для определенного региона, вариантах севооборотов предыдущих лет, рекомендаций на недопустимость или предпочтительность

чередования сельскохозяйственных культур, природно–климатические факторы.

Все полученные в блоке 2 элементы комбинаторного множества, которые представляют собой варианты севооборотов, анализируются в блоке 3 селектора элементов комбинаторного множества посредством задаваемых блоком 4 ограничений на варианты севооборотов. Это дает возможность осуществить селекцию вариантов севооборотов и выделить подмножество допустимых. Для каждого такого допустимого варианта севооборота, с учетом известных площадей полей, средней урожайности для определенного региона и стоимости реализации сельскохозяйственной продукции, в блоке 5 рассчитывается прибыль от реализации продукции. По результатам подсчета прибыли, в блоке 6 выделяется максимальная прибыль и соответствующий ей наилучший вариант севооборота, а блок регистрации 7 фиксирует эти значения.

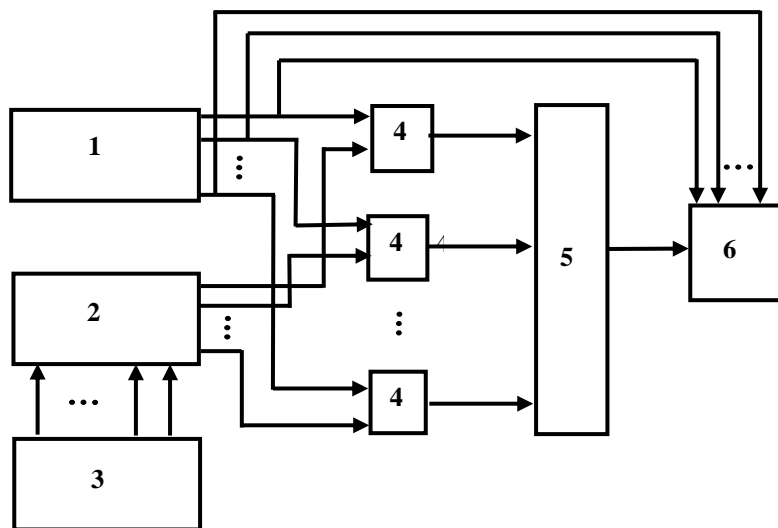


Рис. 2 – Структура и состав блоков для аппаратной реализации операции селекции элементов комбинаторного множества

Аппаратурная реализация операции селекции элементов комбинаторных множеств по ограничениям. Соответствующее устройство [4] реализуется следующим образом. На рис. 2 приведена структура, состав блоков и их соединения для аппаратной реализации операции селекции элементов комбинаторных множеств по заданной системе ограничений.

Устройство состоит из: блока 1 генерирования сочетаний, размещений и перестановок; блока 2 задания ограничивающих элементов комбинаторного множества; блока 3 ввода значений ограничивающих элементов множеств; элементов 4 *И*; элемента 5 *И*; блока 6 регистрации. При этом блок 1 генерирования элементов комбинаторного множества настраивается на выполнение перебора или сочетаний, или размещений, или перестановок.

С блока 3 к блоку 2 задания ограничений вводятся значения запрещенных элементов соответствующего комбинаторного множества. Каждый элемент комбинаторного множества, который поступает с блока 1, поразрядно сравнивается с элементами, которые поступают с блока 2. Это осуществляется с помощью элементов 4 *И*, и общего сравнения элементов комбинаторного множества с помощью элемента 5 *И*. Если имеет место совпадение, то с выхода элемента 5 *И* поступит к блоку 6 регистрации сигнал, который запрещает регистрацию этого элемента комбинаторного множества. В противном случае блок регистрации 6 фиксирует с блока 1 допустимый элемент комбинаторного множества.

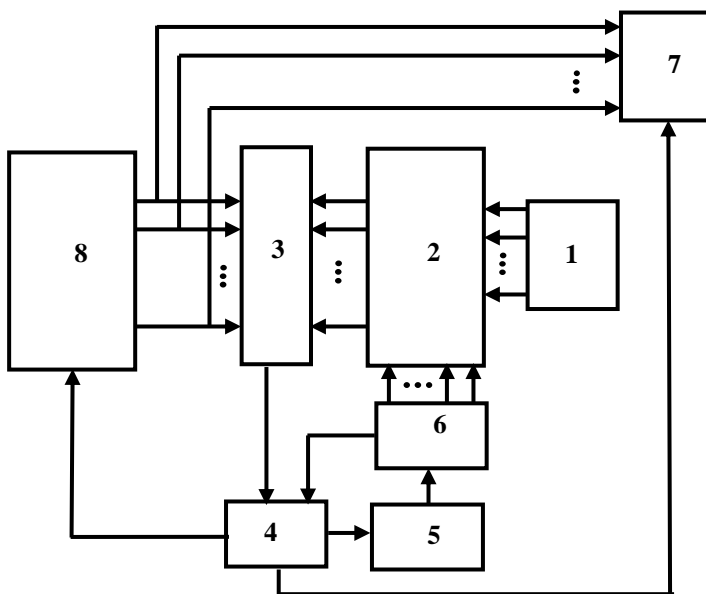


Рис. 3 – Структура и состав блоков аппаратной реализации операции селекции элементов комбинаторного множества по заданным ограничениям

Приведенное на рис. 3 устройство [5] также предназначено для реализации комбинаторных задач оптимизации с учетом заданных

ограничений на элементы этих комбинаторных множеств. Применение устройства [5] позволяет осуществить анализ элементов базовых комбинаторных множеств и выделить из них только те, которые удовлетворяют заранее заданным ограничениям.

Устройство [5] (рис. 3) состоит из: блока 1 ввода значений запрещенных элементов комбинаторного множества; блока 2 задания ограничивающих элементов комбинаторного множества; блока 3 сравнения; блока 4 управления; генератора 5 тактовых импульсов; счетчика 6; блока регистрации 7; блока 8 перебора сочетаний, размещений и перестановок.

Устройство функционирует следующим образом. Блок 8 [7] перебора элементов комбинаторного множества настраивается на генерирование или сочетаний, или размещений, или перестановок. Далее с блока 1 ввода значений запрещенных элементов комбинаторного множества, к блоку 2 задания ограничивающих элементов множества, вводятся ограничения на элементы этого множества. Каждый элемент комбинаторного множества, поступающий с блока 8 перебора сочетаний, размещений или перестановок, сравнивается с элементами, поступающими с блока 2 задания ограничивающих элементов этого множества. Если имеет место совпадение элементов, то с выхода блока 3 сравнения подается сигнал на блок 4 управления, который в свою очередь подает сигнал к блоку 7 регистрации и запрещает фиксацию этого элемента. Кроме того, этот же сигнал подается и на генератор 5 тактовых импульсов, который запрещает подачу тактовых импульсов на счетчик 6, что в свою очередь останавливает последующее сравнение запрещенных элементов комбинаторного множества с элементом, поступившим с блока 8 генерирования элементов комбинаторного множества. С выхода счетчика 6 поступает сигнал на вход блока 4 управления, что является требованием генерирования следующего элемента комбинаторного множества. Это осуществляется благодаря подаче соответствующего сигнала с блока 4 управления к блоку 8 генерирования элементов комбинаторного множества. Далее аналогично осуществляется анализ совпадения элементов комбинаторного множества с запрещенными элементами. Если нет совпадения ни с одним запрещенным элементом, то с блока 4 управления подается сигнал к блоку 7 регистрации, который позволяет осуществить фиксацию элемента комбинаторного множества, который не совпадает ни с одним запрещенным элементом.

Аппаратурная реализация математических моделей задач комбинаторной оптимизации с ограничениями. Устройство (рис. 4) состоит из: генератора 1 тактовых импульсов; элемента 2 задержки; информационного регистра 3; постоянной памяти 4; регистра 5 сдвига; счетчика 6; блока 7 памяти; блока 8 совпадения; блока 9 расчета функции цели; блока 10 выделения экстремального значения функции цели; блока 11 регистрации; блока 12 ввода информации.

Начальная информация об ограничениях на элементы базовых комбинаторных множеств вводится блоком 12 ввода информации к блоку 7 памяти. Генератор 1 тактовых импульсов обеспечивает подачу тактовых импульсов к регистру 5 сдвига, а через элемент 2 задержки к информационному регистру 3, и через элемент задержки 6 к блоку 7 постоянной памяти. При этом элемент задержки 6 обеспечивает подачу с блока 7 памяти к блоку 8 совпадения всех элементов комбинаторного множества, запрещенных заранее заданными ограничениями. Регистр 5 сдвига, блок 4 постоянной памяти и информационный регистр 3 обеспечивают генерирование элементов комбинаторного множества и подачу их к блоку 8 совпадения

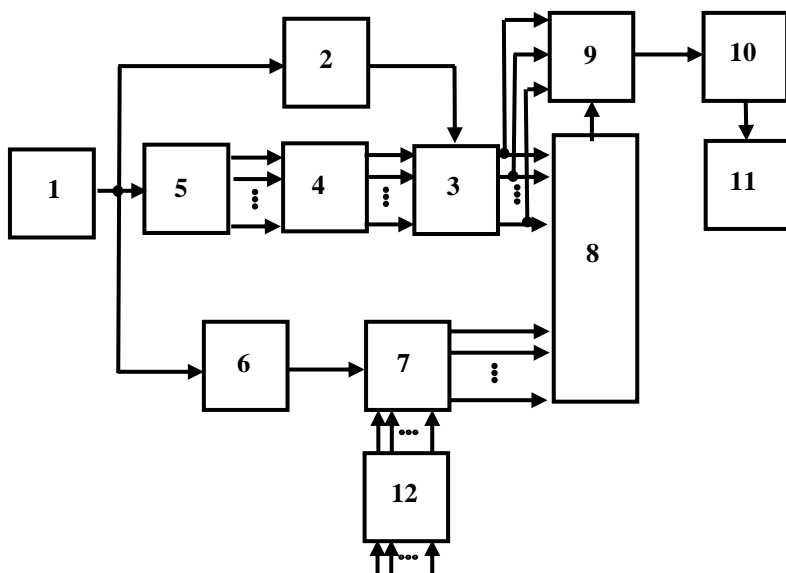


Рис. 4 – Структура и состав блоков аппаратной реализации математических моделей задач комбинаторной оптимизации

Таким образом, к блоку 8 совпадения поступают последовательно по одному элементу определенного комбинаторного множества. Каждый такой элемент комбинаторного множества сравнивается последовательно со всеми запрещенными элементами, поступающими с блока 7 памяти. Если поданные в блок 8 элементы одинаковы, то блок 8 совпадения подает импульс к блоку 9 расчета функции цели, который отключает последующий вычислительный процесс. Если элемент комбинаторного множества, поступивший в блок 8 не совпадает ни с одним запрещенным элементом, поступающим с блока 7

памяти, то блок 9 вычисляет и запоминает значение функции цели для этого элемента комбинаторного множества. Полученные в блоке 9 значения функции цели подаются в блок 10 выделения экстремального значения функции цели. Затем наилучшее значение функции цели и соответствующий элемент комбинаторного множества фиксируется блоком 11 регистрации.

Выводы. Предложена структура и состав блоков для аппаратурной реализации математической модели оптимизационной задач комбинаторного типа с ограничениями.

Для аппаратурной реализации операции селекции элементов базовых комбинаторных множеств, по заданной системе ограничений, предложены соответствующие способ и устройство. Их применение позволяет осуществить выделение области допустимых решений, на которой проводится оптимизация функции цели.

Это позволяет сократить временные затраты за счет отсутствия этапов составления и отладки программ, параллельности выполнения на устройствах некоторых шагов алгоритма, а также аппаратных реализаций подпрограмм решения задач комбинаторной оптимизации.

Кроме того, применение предложенных устройств дает возможность имитационного моделирования и автоматизации процесса исследования математических моделей задач комбинаторной оптимизации с учетом многообразия ограничивающих факторов.

Список литературы: 1. Курейчик В. М., Глушань В. М., Щербаков Л. И. Комбинаторные аппаратные модели и алгоритмы в САПР. – Москва: Радио и связь. 1990. – 120 с. 2. Патент. № 47901 А. Україна, МКИ А 01 В 49/00. Спосіб визначення раціонального складу агрегатів для польових робіт / В. І. Пастухов, В. П. Путятін (Україна). – Заявл. 22.10.2001; Опубл. 15.07.2002. Бюл. № 7. – 3 с. 3. Патент. № 48638 А. Україна, МКИ G 06 F 15/00. Пристрій для моделювання графа агротехнологічного процесу / В. І. Пастухов, В. П. Путятін (Україна). – Заявл. 30.10.2001; Опубл. 15.08.2002. Бюл. № 8. – 3 с. 4. Патент. № u 2006 10634. Україна, МКИ G 06 F 15/20. Спосіб виділення допустимих елементів комбінаторних множин / С.М. Коваленко, В.П. Путятін (Україна). – Заявл. 09.10.06; Пріор. 25.12.06. – 6 с. 5. Патент. № u 2006 11118. Україна, МКИ G 06 F 15/20. Селектор елементів комбінаторних множин. / С. М. Коваленко, В. П. Путятін, І.О. Фурман (Україна). – Заявл. 23.10.06; Пріор. 22.12.06. – 6 с. 6. Патент. № u 2006 10651. Україна, МКИ G 06 F 15/20. Пристрій для комбінаторної оптимізації / С.М. Коваленко, В.П. Путятін (Україна). – Заявл. 09.10.06; Пріор. 01.03.06. – 6 с. 7. Устройство для перебора сочетаний, размещений и перестановок: Авт. св. № 643883. СССР, МКИ G 06 F 15/20. / Левин Г. И. (СССР) – Заявл. 10.01.1977; Опубл. 25.01.1979. Бюл. № 3 – 4 с. 8. Коваленко С. Н. Комбинаторные задачи принятия решений о рациональном севообороте: Труды конференции «Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке». – Харьков: ХНУРЭ. – 2006. – с.418. 9. Коваленко С. М., Пастухов В. І., Путятін В. П. Комп'ютерні комбінаторні моделі в САПР АПК // Управління розвитком. Збірник наукових статей. – Харків: ХНЕУ. – 2006. – №б. - С. 73 – 74.

Поступила в редколлегию 26.03.07