8. Глебов И.И. Методы оптимизации. Учебное пособие /И.И. Глебов, Ю.А. Кочетов, А.В. Плясунов. – Новосибирск: Новосибирский университет, 2000, – 105 с.
9. Коломиец Л.В. Метод наименьший квадратов /Л.В. Коломиец, Н.Ю. Пони-карова. – Самара: Самарский университет, 2017. – 32 с.
10. Хартон А. Visual C++. Полный курс / А. Хартон. – М.: Издательский дом «И.Д. Вильямс», 2011. – 1216 с.
11. Бьярне С. Программирование: принципы и практика с использованием C++ /С. Бьярне. – М.: Издательский дом «И.Д. Вильямс», 2016. – 1328 с.
12. Медведев Д.И. Особенности объектно-ориентированного программирования на C++/CLI, C# и Java /Д.И. Медведев. – Казань: РИЦ «Школа», 2010. – 444 с.

Прохоров М.Е.¹, Рындин Ю.Г.¹, Герб В.Я.², Маричева О.Д.³
Исследование алгоритмов сегментации сильно искаженных однобайтовых изображений неизвестных объектов

¹ПАО Межгосударственная акционерная корпорация «Вымпел»

²ООО "Фундаментальные информационные технологии"

³ООО «Институт инновационных исследований»

(Россия, Москва)

doi: 10.18411/lj-10-2020-09

idsp: lj-10-2020-09

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда
фундаментальных исследований (РФФИ) (проект № 19-07-00197 А).*

Аннотация

Одной из задач обработки оптических изображений (ОИ) космических объектов (КО), формируемых в наземных телескопах при наличии сложной фоновой обстановки, является задача их сегментации. В работе рассматриваются варианты программной реализации алгоритмов сегментации однобайтовых сильно искаженных изображений, представленных с использованием булевых матриц. Структура алгоритмов сегментации определяется в процессе факторизации булевых матриц с использованием бинарного отношения линейной связности. Отношение линейной связности задаётся на множестве значимых пикселей ОИ путём транзитивного замыкания отношения соседства по кресту относительно выбранного значимого пикселя. Рассматриваются три варианта программной реализации алгоритмов поиска линейной связности с использованием маски по кресту, матрицы смежности и операций объединения и пересечения булевых матриц. Приводятся сравнительные оценки интегральных характеристик исходных и сегментированных ОИ, а также относительного времени решения задачи сегментации разработанными алгоритмами.

Ключевые слова: Булева матрица, отношение линейной связности, сегментация однобайтовых изображений, теория множеств, факторизация.

Abstract

One of the tasks of processing optical images (OI) of space objects (SO) formed in ground-based telescopes in the presence of a complex background situation is the task of their segmentation. The paper discusses options for software implementation of segmentation algorithms for single-byte highly distorted images represented using Boolean matrices. The structure of segmentation algorithms is determined in the process of factorizing Boolean matrices using a binary linear connectivity relation. The linear connectivity ratio is specified on the set of significant pixels of the OI by transitively closing the cross-neighborhood relation relative to the selected significant pixel. Three variants of software implementation of linear connectivity search algorithms are considered. Comparative estimates of the integral

characteristics of the initial and segmented OIs, as well as the relative time of solving the segmentation problem by the developed algorithms are given.

Keywords: Boolean matrix, linear connectedness relation, single-byte image segmentation, set theory, factorization.

Введение

С практической точки зрения наибольший интерес при обработке сильно искажённых (некачественных) ОИ неизвестных удалённых объектов представляет задача выделения и идентификации на них изображений типовых конструктивных элементов [1]. В качестве таких элементов можно рассматривать солнечные панели, крупногабаритные антенны, корпус и т. д. Вероятностное описание фонового излучения на исходном ОИ неизвестно, и поставленную задачу приходится решать поэтапно, одним из которых является сегментация ОИ. С математической точки зрения задача сегментации является нелинейной, поскольку решается задача преобразования исходной функции яркости двух переменных к её представлению в образах однородных объектов. Разработаны различные алгоритмы сегментации ОИ как с использованием выбранного критерия качества (например, вероятностный подход), так и в отсутствии такового (например, свойство связности пикселей ОИ) [2, 3, 4].

В работе [5] нами предложен алгоритм сегментации некачественных однобайтовых цифровых изображений с использованием введённых в работе [1] его интегральных показателей и теории множеств в ситуации, когда структура ОИ представлена совокупностью булевых матриц. Показано, что алгоритм сегментации таких ОИ можно рассматривать как универсальный алгоритм поиска фактор множества на множестве булевых матриц. В данной работе рассматриваются конкретные алгоритмы поиска элементов фактор множества битовых ОИ, основанные на бинарном замыкании связности отношения соседства по кресту значимых пикселей ОИ одиночного КО, свойствах матрицы смежности и операций объединения и пересечения элементов множества.

Использование аппарата булевых матриц для представления однобайтового оцифрованного изображения и диаграмма деятельности алгоритма сегментации как алгоритма построения фактор множества

В основу алгоритма сегментации оцифрованного однобайтового ОИ Y положено его представление в следующем виде [5]

$Y = \sum_{l=1}^M l * U_l$; $U_l: U_l(i, j) = true$ при $Y(i, j) = l$; иначе $U_l(i, j) = false$; $U_l \cap U_k = \emptyset$ где U_l – булева матрица, размерность которой совпадает с размерностью Y , l – конкретный уровень яркости пикселя, $M = 255$, (i, j) – текущие значения индексов булевой матрицы U . ОИ отдельных конструктивных элементов удалённого объекта на снимке в общем случае представляют собой линейно-связные области (сегменты), структура которых, в частности, обусловлена изменением отражающей способности локальных участков рассеяния элементов, а также наличием на выбранном элементе других конструктивных элементов. Поэтому при обработке ОИ в рамках разработанных алгоритмов используются режекторные фильтры, формирующие битовые изображения в диапазоне яркостей $l \in [l_0, l_1]$. Соответствующие булевы матрицы ОИ вычисляются по формуле $U(l_0, l_1) = \bigcup_{l=l_0}^{l_1} U(0, l_0 - 1) \cap U(l_0, l_1) \cap U(l_0 + 1, M) = \emptyset$. Для порогового ОИ ($l_0 = 0$) будем использовать обозначение $U(l) = U(0, l)$, а для булевой матрицы сегментированного ОИ на совокупности непересекающихся линейно-связанных областей $U_{li}: U_l = \bigcup_{i=1}^{n(l)} U_{li}$, где $n(l)$ – количество линейно-связных сегментов.

При использовании введённого представления Y задачу сегментации бинарного ОИ U будем рассматривать как задачу выделения фактор множества Ω_f при заданном

отношении эквивалентности. Диаграмма деятельности универсального алгоритма выделения фактор множества бинарного ОИ приведена на рис.1.

Рис.1 Диаграмма деятельности универсального алгоритма факторизации бинарного ОИ при выбранном пороговом уровне яркости

Основные шаги алгоритма факторизации.

- Последовательный выбор подмножества односвязных интервалов значимых пикселей на отдельных строках.
- Для каждого подмножества строится соответствующее фактор множество, поиск элементов которого базируется на бинарном отношении линейной связности, представляющее собой замыкание отношения соседства по кресту между значимыми пикселями относительно начально выбранного значимого пикселя.
- Полученные подмножества односвязных интервалов на соседних строках последовательно “складываются” с целью получения элементов фактор множества $U_{\Phi i}$ бинарного ОИ на текущем уровне интенсивности U_{Φ} : $U = \bigcup_{i=1}^{n_{\Phi}} U_{\Phi i}$.

Рассмотрим возможные варианты оптимизации программной реализации алгоритма при обработке порогового бинарного ОИ с использованием объектно-ориентированного языка программирования Java.

Программная реализация алгоритма факторизации бинарного ОИ на выбранном уровне яркости

Программное представление матрицы U реализовано путём наследования битового вектора класса битового вектора BitSet стандартной библиотеки java, в методах которого реализованы теоретико-множественные операции объединения, пересечения и дополнения, а также нахождения односвязных интервалов значимых и незначимых логических элементов. Программное представление U дополнительно включает в себя количество строк L и столбцов C матрицы Y .

В этом случае в соответствии с отношением соседства значимых элементов на отдельных строках b_i матрицы $U = \bigcup_{i=1}^L b_i$ удастся выделить совокупность односвязных интервалов значимых пикселей b_{ij} : $b_i = \bigcup_{j=1}^{K(i)} b_{ij}$, где $K(i)$ – количество односвязных интервалов на i строке. Для выделения отдельных элементов фактор множества (сегментов) возможны три алгоритма организации их поиска с учётом бинарного отношения соседства.

Алгоритм №1 (алгоритм маски m в виде креста)

- Разбиение каждой строки b_i на совокупность односвязных значимых интервалов b_{ij} .
- Выбор односвязного интервала $b = b_{ij}$.
- Построение свёртки $b' = b$ с маской m $b(m)$.
- Выделение по маске $b(m)$ совокупности связанных с ней элементов $b(\text{св}) = b(m) \cap U$ на соседних строках.
- При выполнении условия $b(\text{св}) \neq \emptyset$ полагаем $b = b \cup b(\text{св})$. Повтор реализаций двух предыдущих шагов алгоритма с $b' = b(\text{св})$.
- В противном случае полагаем $U_{\phi i} = b$. Сегмент $U_{\phi i}$ переносим из U в состав фактор множества U_ϕ . Переход к выбору нового значения b .

Завершение алгоритма при выполнении условия $U = \emptyset$.

Недостаток алгоритма связан с использованием сложной процедуры рекуррентного поиска текущего элемента фактор множества по мере изменения состояния объекта $b(\text{св})$.

В основу следующего алгоритма положен факт представления внутренней структуры элементов множества в виде графа, поведение которого можно представить с использованием матрицы смежности [6].

Алгоритм № 2.

- Начальная b_i и последующая b_{i+1} строки матрицы U разбиваются на односвязные интервалы и удаляются из U .
- Строится модифицированная булева матрица смежности $S_{i,i+1}$, строки которой указывают на значимые интервалы b_i строки матрицы U , а столбцы – на интервалы b_{i+1} строки. Элементы матрицы $S_{i,i+1}$ принимают значения “true” при наличии связи между соответствующими интервалами (их пересечении $b_{ij} \cap b_{i+1,k} \neq \emptyset$), иначе “false”.
- Структура матрицы $S_{i,i+1}$ нормализуется к матрице $\hat{S}(i)$ путём объединения строк матрицы $S_{i,i+1}$ по правилу, аналогичному правилу на предыдущем шаге ($S_{i,i+1}(u) \cap S_{i,i+1}(v) \neq \emptyset$); $u \neq v$, с дополнительной группировкой номеров пересекающихся интервалов u, v i строки U .
- По найденным группировкам номеров интервалов b_{ij} при выполнении условия $\hat{S}_k(i) \neq \emptyset$ (k – номер строки матрицы $\hat{S}(i)$) формируется текущая структура анализируемых сегментов. У них выбираются значимые интервалы на последней строке, которые используются на следующем шаге построения матрицы смежности после формирования односвязных интервалов из $i+2$ строки ОИ U .
- В ситуации, когда справедливо условие $\hat{S}_k(i) = \emptyset$, анализируемый сегмент является элементом фактор множества.

Завершение алгоритма при выполнении условия $U = \emptyset$.

Недостаток алгоритма заключается в необходимости предварительного формирования односвязных интервалов при обработке каждой строки исходного ОИ.

Алгоритм № 3

- По начальной b_i и последующей b_{i+1} строкам матрицы U строится строка $b_{or} = b_i \cup b_{i+1}$, которая разбивается на совокупность односвязных интервалов $b_{or} = \bigcup_{k=1}^{k(i,i+1)} b_{or}(k)$, где $k(i, i+1)$ – количество односвязных интервалов строки $k(i, i+1)$.
- С использованием операции пересечения строк $b_{or}(k) \cap b_*$ из i и $i+1$ строк формируем начальное состояние возможных анализируемых

элементов фактор множества из двух строк $U_a(k)$: $u_{ak}(i, i + 1), k = \overline{1, k(i, i + 1)}$.

- Далее в цикле, выбирая очередную последующую строку $b_* \in U_a$ и последнюю строку каждого из объектов $u_{ak}(*), k \in U_a(k)$, находим значение следующей строки $u_{ak}^*(*) = u_{ak}(*) \cap b_*$.
- При $u_{ak}^*(*) = \emptyset$ объект $u_{ak}(*)$ из U_a переносим в фактор множество U_ϕ .
- В противном случае восстанавливается совокупность односвязных интервалов $\hat{u}_{ak}(*) = \bigcup_{j=1}^{K(*)} b_{*j}$ при $b_{*j} \cap u_{ak}(*) \neq \emptyset$, которая добавляется в качестве последней строки к $u_{ak}(*)$.
- По завершению цикла объекты $u_{ak}(*)$ в случае логического пересечения последних строк объединяются между собой, а совокупность последних строк $\hat{u}_{ak}(*)$ удаляется из b_* : $\tilde{b}_* = b_* \setminus \bigcup \hat{u}_{ak}(*)$ и $\tilde{b}_*$ добавляется в U_a .
- Завершение алгоритма при выполнении условия $U = \emptyset$.

Восстановление сегментированного изображения в полном объёме

Возможно два пути решения задачи сегментации ОИ в заданном диапазоне изменения яркости $[l_1, l_2]$.

Базируясь на свойстве булевых матриц $U_l \cap U_k = \emptyset$, при $l \neq k$ с использованием архитектуры параллельных вычислений независимо провести факторизацию (сегментацию) битовых ОИ $U_l, l \in [l_1, l_2]$ в рамках заданного динамического изменения уровней яркости с последующим объединением полученных фактор множеств. При этом возможно использование любого алгоритма сегментации из предыдущего раздела.

Альтернативной подход основан на свойстве пороговых битовых ОИ $U_\Pi(l) \in U_\Pi(k)$ и $U_\Pi(l) \cap U_k = \emptyset, k \in [l_1, l - 1]$, в соответствии с которым на первом этапе обработки проводится сегментация матрицы $U_\Pi(l)$, а полученные результаты используются в качестве начального приближения при сегментации матрицы $U_\Pi(l - 1)$. Алгоритм вычисления структуры сегмента начального приближения $u_\Pi(l)$ для поиска связного с сегментом $u(l)$ сегмента на $l - 1$ уровне $u(l - 1)$ состоит в следующем.

Пусть количество строк и столбцов $u(l)$ равно L и C соответственно.

Инициализируем булеву матрицу u_Π размерности $(L + 2) \times (C + 2)$.

Построчно, начиная с первой строки u_Π и первого столбца инициализируем элементы u_Π элементами $u(l)$ (индексные номера элементов в столбцах и строках матриц начинаются с нулевых значений).

Процесс повторяем с нулевой строки u_Π по возрастанию номеров строк и с последней строки по убыванию с использованием операции логического объединения элементов.

Аналогичным образом модернизируем строки с 1 по $(L + 1)$ матрицы u_Π с использованием строк матрицы $u(l)$, начиная с нулевого и до последнего элемента.

Окончательную структуру начального приближения находим с использованием соотношения $u_\Pi = u_\Pi \cap U_\Pi(l - 1)$.

Полученные результаты сегментации отдельных битовых ОИ объединяются с использованием приведённого в [5] алгоритма объединения фактор множеств, найденных при разных уровнях интенсивностей.

Сравнительный анализ вариантов реализации алгоритма сегментации

Задачей исследования являлся сравнительный анализ оперативности решения задач сегментации ОИ рассмотренными в работе алгоритмами (требуемое процессорное время для решения задачи сегментации). В качестве контрольной выборки (КВ) использовалось 400 ОИ, полученных в натуральных условиях. Анализируя структуру КВ отметим следующее. ОИ как функцию яркости двух переменных в полном объёме характеризуют три интегральных показателя (параметра). В [1] для случая однобайтовых ОИ предложено в качестве таких характеристик использовать

информацию по Шеннону, усреднённое по уровням интенсивности количество выделенных сегментов и значение их интегральных периметров, вычисленное с учетом линейной связности сегментов. Значение последнего параметра при формировании ОИ зависит от разрешающей способности. В качестве альтернативы нами добавлен дополнительный нормированный к единице в максимуме безразмерный параметр компактности, который вычисляется как отношение к мощности сегмента к квадрату его периметра [1]. С учетом сложной структуры КВ достаточно компактной характеристикой её структуры следует рассматривать графическое представление поведения относительных модифицированных значений границ доверительных интервалов предложенных параметров. Значение каждого параметра вычисляется относительно его медианной оценки в КВ. Под модифицированным значением границы доверительного интервала параметра при заданном уровне доверия (в процентах) понимается его значение, вычисленное при соответствующем одинаковом числе оценок по обе стороны медианного значения. Возможна ситуация, когда относительное значение параметра превышает равное 5 пороговое значение. В этом случае с целью сохранения информативности восприятия отображаемой на графиках информации истинное относительное значение заменяется на пороговое.

Полный цикл обработки ОИ удалённых объектов включает в себя этапы выделения на исходном снимке области локализации ОИ информативного объекта и его фильтрации, сегментации и идентификации выделенных сегментов с ОИ типовых элементов. На рис. 2. приведены зависимости поведения границ доверительных интервалов для упомянутых ранее интегральных параметров для исходной (слева) и отфильтрованной (справа) КВ.

Рис. 2. Поведение значений относительных границ доверительных интервалов интегральных показателей ОИ контрольной выборки. Принятые цвета для отображения графиков: синий – информативность; красный – количество сегментов; зелёный – суммарный периметр; лиловый – компактность.

Сравнительный анализ представленных на рис.2 (предшествующих этапу сегментации) результатов с одной стороны позволяет оценить качество предварительной обработки совокупности ОИ (например, по диапазону изменения границ для параметров “информативность” и “компактность”), а с другой – наличие существенного изменения их значений вплоть до порогового (в частности, для параметра “периметр”). Следовательно, к графическому представлению поведения относительных границ параметров необходим ряд дополнительных характеристик, приведенных в таблице 1: значение медианной оценки параметра (колонок *мед*), его оценка среднего (среднее), максимальное значение, оценка центрального второго момента параметра по КВ.

Таблица 1

Статистические характеристики параметров контрольной выборки

Интегральные показатели	Исходные ОИ				Отфильтрованные ОИ			
	мед	среднее	мах	2мом	мед	среднее	мах	2мом
Информативность	2.85	3.29	7.55	1.60	5.67	5.50	7.41	1.10
Сегменты	4396	6129	39449	6135	112	313	16337	1476
Периметр	323270	412288	1905100	366754	11746	961692	74603	74603
Компактность	0.434	0.432	0.119	0.726	0.574	0.553	0.764	0.128

Оценки требуемого времени сегментации ОВ получены с использованием ПЭВМ со следующими характеристиками:

- тактовая частота – не менее 2 ГГц;
- количество ядер – не менее 4;
- объем постоянной памяти – не менее 50 Гбайт;
- объем оперативной памяти – не менее 4096 Мбайт;
- монитор с разрешением не ниже 1920x1080.

Взяв за основу для оценки оперативности решения задачи сегментации рассмотренными алгоритмами ранее введенные характеристики, приведём на рис. 3 графики поведения доверительных интервалов относительных модифицированных границ оценки времени сегментации для случаев обработки исходных ОИ и ОИ, прошедших этапы выделения на исходных снимках области локализации информационного изображения с последующей фильтрацией [1].

Рис. 3. Поведение границ доверительных интервалов времени сегментации ОИ по отношению к их медианному значению. Слева направо: исходные ОИ, фрагмент изображения, содержащий ОИ информативного объекта, и его отфильтрованное ОИ. Обозначения алгоритмов: OR1 – с использованием операций множеств; Seg – с использованием соседства по кресту; Adj – с использованием матрицы смежности.

Сравнительный анализ поведения представленных на рис. 3 графиков зависимостей границ доверительных интервалов времен сегментации ОИ различными алгоритмами, а также совпадение полученных с их помощью оценок количества сегментов, позволяют сделать вывод о корректной программной реализации рассмотренных в работе алгоритмов сегментации. С учетом представительности КВ

достаточно корректной оценкой оперативности решения задачи сегментации конкретным алгоритмом можно считать полученное для него медианное значение времени сегментации. Ниже в таблице 2 приводятся её оценки в миллисекундах для шести вариантов сегментации ОИ, когда поданное на сегментацию ОИ было представлено с использованием либо совокупности булевых матриц, вычисленных при выбранных значениях интенсивности, либо совокупности пороговых булевых матриц.

Таблица 2.

Статистические характеристики параметров обработки алгоритмов

ОИ	Алгоритмы	Пороговые булевы матрицы				Булевы матрицы выбранного уровня интенсивности			
		мед	среднее	мах	2мом	мед	среднее	мах	2мом
Исходные	OR1	94	110	767	103	89	105	686	91
	Seg	156	197	1141	201	156	167	964	164
	Adj	125	154	954	152	105	124	754	134
Выделенные	OR1	12	14	406	47	11	13	316	43
	Seg	17	22	782	70	15	20	612	62
	Adj	14	19	656	89	12	17	485	69
Отфильтро-ванные	OR1	9	10	257	30	8	10	187	26
	Seg	13	15	563	43	12	14	393	35
	Adj	10	11	499	57	9	10	313	48

Анализ представленных данных позволяет сделать вывод о предпочтительном использовании в процессе сегментации однобайтовых ОИ в одно потоковой обработке, их представление совокупностью булевых матриц, структура которых определяется выбранными уровнями интенсивности. Предложенные алгоритмы с точки зрения оперативности обработки следует ранжировать в следующем порядке: алгоритм с использованием аппарата теории множеств, алгоритм на базе матрицы смежности графа, алгоритм с использованием соседства по кресту.

Заключение

Рассмотрены алгоритмы сегментации однобайтовых изображений, неизвестного объекта, сформированных в телескопах наземного базирования при наличии фонового излучения, вероятностное описание которого неизвестно.

Введено представление исходного изображения в виде совокупности булевых матриц, что позволило использовать аппарат факторизации теории множеств при синтезе конкретных алгоритмов сегментации (факторизации) изображений. Синтезировано три варианта программной реализации алгоритмов с использованием отношения соседства по кресту, свойств матрицы смежности графа для элементов множества и операций объединения и пересечения множеств.

В одно потоковом режиме проведён сравнительный анализ оперативности решения задачи сегментации программных реализаций алгоритмов с использованием языка программирования java. Показано, что с точки зрения оперативности решения задачи сегментации предпочтителен следующий порядок ранжировки алгоритмов: с использованием аппарата теории множеств, на базе матрицы смежности графа, с использованием соседства по кресту. Последний вывод требует уточнения при использовании архитектуры параллельных вычислений.

1. Лавров В. В., Лучкин Р. С., Немыкин О. И., Прохоров М. Е., Рындин Ю. Г., Тюрин В. С. Методы и алгоритмы полного цикла обработки последетекторного малококонтрастного оптического изображения. Вопросы радиоэлектроники. 2018. № 3. С. 99–107. DOI 10.21778/2218-5453-2018-3-99-107
2. Ханыков И. Г. Классификация алгоритмов сегментации изображений. Изв. вузов. Приборостроение. 2018 Т. 61, № 11 С. 978—987.

3. Поршнев С. В., Левашкина А. О. Универсальная классификация алгоритмов сегментации изображений. Журн. научных публикаций аспирантов и докторантов. 2008. № 3 (31). С. 163—172.
4. Пестунов И. А., Синяевский Ю. Н. Алгоритмы кластеризации в задачах сегментации спутниковых изображений. Вестн. КемГУ. 2012. № 2. С. 110—125.
5. Лавров В.В., Лучкин Р.С., Прохоров М.Е., Рындин Ю.Г., Тестов А.В. Сегментация низкокачественных оптических изображений неизвестных объектов с использованием робастных методов. Сборник научных статей по итогам работы Международного научного форума НАУКА И ИННОВАЦИИ – СОВРЕМЕННЫЕ КОНЦЕПЦИИ (г. Москва, 28 июня 2019 г.) с.95-107.
6. Гусева А.И., Тихомирова А.Н. Дискретная математика для информатиков и экономистов: Учебное пособие. – М.: НИЯУ МИФИ, 2010. <http://znanium.com/catalog/product/562823>.

Резвых В.А., Гулякин Д.В.

Системы автоматизированного мониторинга зданий и сооружений

*Кубанский государственный технологический университет
(Россия, Краснодар)*

doi: 10.18411/lj-10-2020-10

idsp: ljjournal-10-2020-10

Аннотация

Мониторинг технического состояния зданий и сооружений - это система наблюдения и контроля, проводимая для выявления объектов, на которых произошли значительные изменения напряженно-деформированного состояния несущих конструкций. Мониторинг необходим для отслеживать и скорости изменения технического состояния объекта. Это позволяет обеспечить безопасную эксплуатацию зданий и сооружений за счет своевременного обнаружения и ремонта дефектных зон.

Ключевые слова: Мониторинг, здание, сооружение, строительство, автоматизированная система.

Abstract

Monitoring of the technical condition of buildings and structures is a system of monitoring and control carried out to identify objects where significant changes in the stress-strain state of load-bearing structures have occurred. Monitoring is necessary to track and speed changes in the technical condition of the object. This makes it possible to ensure safe operation of buildings and structures due to timely detection and repair of defective areas.

Keywords: Monitoring, building, construction, construction, automated system.

В настоящем мире огромную роль в жизни людей играют здания и сооружения. Уровень цивилизации, развитие науки, культуры и производства в большей мере определяются количеством и качеством построенных зданий и сооружений. В настоящее время для этапа экономического и общественного развития в России характерно расширение строительного производства и проведение масштабного строительства в крупных городах. Это создаст новые задачи для людей, связанные с обеспечением комфортных условий в мегаполисе, определяющейся, во-первых, надежностью строящихся сооружений, и, во-вторых, влиянием проводимого строительства на уже существующую инфраструктуру. Современные предложения в строительстве, а именно - увеличение этажности зданий, увеличение городской застройки, уменьшение строительных площадок, освоение подземного пространства, снабжение инженерными коммуникациями неизменно приводят к возникновению и последующему увеличению негативного техногенного воздействия проводимого строительства на уже построенные объекты, расположенные в прибрежных зонах. Особое значение приобретает проблема контроля технического состояния зданий и сооружений с целью предупреждения возникновения аварийных ситуаций. Интенсивное наблюдение технического состояния зданий и сооружений, попадающих в