

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НОМЕРА НА ЧУГУНОВОЗНОМ КОВШЕ

В статье рассматривается информационная технология определения номера на чугуновозном ковше. Выделены и раскрыты этапы обработки: предварительная фильтрация и неполная пороговая обработка глобальной бинаризацией, локализация при помощи кластеризации изображения и идентификация, при помощи оригинального метода, базирующегося на нечетком представлении изображений и сравнении их с нечеткими эталонами. В результате проведенных экспериментов подтверждается эффективность обработки по предлагаемой технологии.

Ключевые слова: изображение, функция яркости, фильтрация, бинаризация, кластеризация, сегмент, идентификация, нечеткое представление, эталон.

ВВЕДЕНИЕ

Для транспортировки чугуна от доменных печей к миксерному отделению кислородно-конверторного цеха (ККЦ) используются ковши. Для учета и контроля над их состоянием используется автоматизированная система мониторинга, отслеживающая передвижение перевозящих ковши платформ. Такая система не предусматривает ситуацию, в которой ковш будет установлен не на «свою» платформу.

Для усовершенствования автоматизированной системы мониторинга движения чугуновозных ковшей, было предложено прибегнуть к оптическому распознаванию номера.

В ходе транспортировки и выполнения технологических операций ковши подвергаются воздействию высоких температур, могут приобретать нашлапки чугуна и потеки извести, значительно пылиться. Поэтому на производстве используется наиболее устойчивый способ – вручную (без трафарета) известью наносится номер.

СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

Анализ литературных источников показал, что для решения аналогичных задач используют различные средства для решения задачи распознавания [1–4] – адаптивное распознавание символов, применение клеточных автоматов, моделирование нейросети для решения задачи идентификации символов. Наиболее близкой к задаче распознавания номера на ковше является распознавания номера на железнодорожных вагонах [5]. Известны системы для учета контейнерных перевозок в порту, терминале или на сортировочной станции: Карго-Инспектор, Контейнер-КОНТРОЛЬ; для контроля подвижного состава и грузов, доставляемых по железной дороге: Транзит-Инспектор [6]; ARSCIS [7]; Видеолокатор [8]; RailwayDisp [9].

Разработанные системы и программные продукты имеют ряд недостатков: неустойчивость к плохому качеству освещения, для удобства локализации номера на

объектах нанесены с помощью трафаретов, программы используют привязку к шаблонам номерных знаков транспортных средств конкретных стран, для которых они разработаны. Если система дает хороший результат локализации и высокую скорость работы, то она имеет высокую стоимость. В таких системах алгоритм локализации производит поиск зон – прямоугольных фрагментов изображения, предположительно содержащих образ текстовой метки, с помощью сканирующего окна фиксированного размера. Результат локализации снижается при сильной загрязненности цистерн и вагонов.

Поэтому рассмотренные методы локализации не могут быть в чистом виде применены для решения имеющейся задачи. Необходимо улучшить идентификацию за счет новой информационной технологии определения номера на чугуновозном ковше.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Камерой в градациях серого цвета получается изображение ковша с номером. Входящее изображение (рис. 1) может быть зашумлено и содержать элементы, искажающие идентифицируемый номер (потеки извести, чугуна, налипшую пыль и прочее); содержать неинформативные высокояркостные участки (небо, стена, элементы близстоящих металлоконструкций); обладать разным уровнем освещенности из-за времени дня, метеословий. Необходимо идентифицировать ковш по изображению его номера.

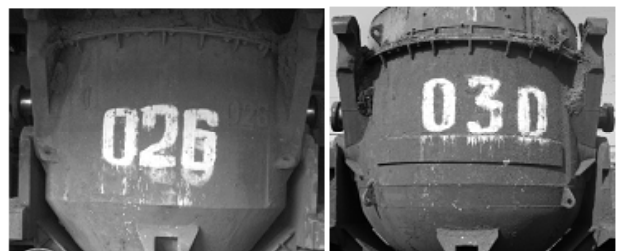


Рис. 1. Пример исходных фотоизображений

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ПОДХОД

Проводимую обработку можно разделить на этапы: предварительная обработка – фильтрация и бинаризация, локализация номера и идентификация.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЯ

На вход системы поступает изображение, ширина и высота которого $m \times n$. Изображение характеризуется функцией яркости (1):

$$f_{i,j} \in [0,1], \quad (1)$$

где $i \in [0, m-1]$, $j \in [0, n-1]$.

Средняя яркость фотографии рассчитывается:

$$\bar{F} = \frac{\sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} f_{i,j}}{m \times n}. \quad (2)$$

На данном этапе входящие фотоизображения подвергаются фильтрации и бинаризации. Были исследованы и опробованы: фильтр арифметическое среднее, медианный фильтр, ранговая фильтрация, адаптивная фильтрация Винера, оптимизированная операция фильтрации [10]. В результате экспериментов наименьшее время выполнения показал фильтр «арифметическое среднее», но оказался неприемлемым, поскольку «смазывает» область интереса и размывает шум, увеличивая яркость неинформативных частей изображения. Наиболее эффективной оказалась работа медианного фильтра, оптимизированного по скорости выполнения [11], который и был выбран для предварительной обработки входных изображений – область интереса очерчивается четче, мелкий шум нивелируется и более крупные области высокой яркости уменьшаются.

Далее производится неполная пороговая обработка глобальной бинаризацией изображения:

$$\Phi_{i,j} = \begin{cases} 0, & \text{если } f_{i,j} < T \\ f_{i,j}, & \text{если } f_{i,j} \geq T \end{cases}, \quad (3)$$

где T – порог.

Расчет порогового значения происходит автоматически на основе низкоуровневой характеристики изображения – его средней яркости [12]:

$$T = 2 \cdot \bar{F} - \bar{F}^2. \quad (4)$$

Вид получаемого при проведении обработки изображения приводится далее в компьютерном эксперименте.

ЛОКАЛИЗАЦИЯ НОМЕРА НА ИЗОБРАЖЕНИИ

Экспериментально были рассмотрены следующие методы: на основе низкоуровневых характеристик изображения (показал достоверность локализации 92 %) и на основе пороговой обработки и кластеризации (показал достоверность 96 %) [12, 13].

При обработке по описываемой технологии используется метод с более высокой достоверностью локализации. По этому методу, изображение после предварительной обработки, разбивается на равные ячейки (по ширине – kx , по высоте – ky). Количество элементов в ячейке по ширине – $px = m/kx$, по высоте – $py = n/ky$. Для каждой ячейки рассчитывается средняя яркость $M_{i,j}$:

$$M_{i,j} = \frac{\sum_{l=0}^{px-1} \sum_{k=0}^{py-1} \Phi_{l,k}}{px \cdot py}, \quad (5)$$

где $i \in [0, kx-1]$, $j \in [0, ky-1]$, $l \in [0, px-1]$, $k \in [0, py-1]$.

Далее выполняется кластеризация изображения по яркости ячеек, т.е. по значениям матрицы M . Кластеризация производится методом поиска ближайшего соседа с модификацией поиска и использованием скользящего окна. Соответственно массиву M образовывается массив K , содержащий имена кластеров. Перед обработкой все элементы принадлежат нулевому кластеру. Если анализируемое значение $M_{i,j}$ имеет яркость больше порога σ – то соответствующему значению $K_{i,j}$ назначается имя кластера, которое уже присвоено одному из элементов в апертуре – $K_{i-1,j}$, $K_{i+1,j}$, $K_{i,j-1}$ или $K_{i,j+1}$, если его значение 0 – то $K_{i,j}$ дается новое имя, следующее по счету число после уже присвоенных.

Для локализации информативной области анализируется массив K : подсчитывается количество элементов в каждом кластере. Информативной областью считается кластер, обладающий наибольшим количеством элементов. Вокруг этого кластера по самым выпирающим точкам описывается прямоугольник, координаты пикселей, входящих в прямоугольник, фиксируются. По локализованной области формируется выходной сегмент, внешний вид которого приводится далее в компьютерном эксперименте.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ НОМЕРА

Идентификация номера чугуновозного ковша происходит при помощи оригинального метода, базирующегося на нечетком представлении изображений и сравнении их с эталонными сегментами [14]. Идея метода идентификации состоит в следующем: вначале необходимо найти общую область двух сопоставляемых разновеликих сегментов, именуемых ядром; с этим ядром необходимо связать систему координат и пересчитать пиксельное представление обоих изображений в одну систему координат.

Начало системы координат ядра поместить в характеристическую точку представления изображения цифр – это точка, которая рассчитывается как центр тяжести изображения. Ядра анализируемого сегмента и прототипа $\{A\}, \{B\}$ разбиваются на блоки $\Omega_{i,j}$ размером

$n \times n$. Количество блоков для множеств $\{A^n\}, \{B^n\}$ рассчитывается: $C = \text{round}(W/n)$; $D = \text{round}(H/n)$.

Множество блоков ядер изображения и прототипа обозначим:

$$\Omega^A = \left\{ \Omega_{r,s}^A \mid r = \overline{1, C}; s = \overline{1, D} \right\},$$

$$\Omega^B = \left\{ \Omega_{r,s}^B \mid r = \overline{1, C}; s = \overline{1, D} \right\}.$$

Отдельные блоки $\Omega_{r,s}^A$ и $\Omega_{r,s}^B$ множеств Ω^A и Ω^B , соответственно, задаются двумя характеристиками: множеством координат пикселей, входящих в блок:

$$\Omega_{r,s}^A = \Omega_{r,s}^B = \left\{ (i, j) \mid i = \overline{(C-1) \cdot n + 1, C \cdot n}, j = \overline{(D-1) \cdot n + 1, D \cdot n} \right\},$$

и множеством бинаризованных функций яркости:

$$g_A : \Omega_{r,s}^A \rightarrow [0, 1], g_B : \Omega_{r,s}^B \rightarrow [0, 1].$$

Вводим два нечетких множества $\tilde{\Omega}^A, \tilde{\Omega}^B$, которые определены на универсальных множествах Ω^A, Ω^B их функции принадлежности:

$$\mu_{\tilde{\Omega}^A} \left(\Omega_{r,s}^A \right) = \frac{\sum_{i,j \in \Omega_{r,s}^A} g_A(i, j)}{|\Omega_{r,s}^A|},$$

$$\mu_{\tilde{\Omega}^B} \left(\Omega_{r,s}^B \right) = \frac{\sum_{i,j \in \Omega_{r,s}^B} g_B(i, j)}{|\Omega_{r,s}^B|}. \quad (6)$$

В результате получаем нечеткие множества:

$$\tilde{\Omega}^A = \left\{ \Omega_{r,s}^A \mid \mu_{\tilde{\Omega}^A} \left(\Omega_{r,s}^A \right) \right\}, \tilde{\Omega}^B = \left\{ \Omega_{r,s}^B \mid \mu_{\tilde{\Omega}^B} \left(\Omega_{r,s}^B \right) \right\}. \quad (7)$$

Затем находим относительное расстояние Хемминга:

$$\rho \left(\tilde{\Omega}^A, \tilde{\Omega}^B \right) = \frac{\sum_{r=1}^C \sum_{s=1}^D \left| \mu_{\tilde{\Omega}^A} \left(\Omega_{r,s}^A \right) - \mu_{\tilde{\Omega}^B} \left(\Omega_{r,s}^B \right) \right|}{|\Omega^A|}. \quad (8)$$

Для анализируемого сегмента и всех прототипов, имеющих в базе данных, рассчитывать значения относительного расстояния Хемминга и отсортировать их по убыванию.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ КОМПЬЮТЕРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Выполнена поэтапная обработка входного изображения с иллюстрацией получаемых результатов. Представ-

лена обработка изображений ковшей с номерами 026 и 030. При идентификации с различными эталонами проведено сравнение сегмента изображения ковша с № 026.

Этап 1 – предварительная обработка.

На вход подавались изображения, показанные на рис.

1. Результат показан на рис. 2.

Этап 2 – локализация.

На вход подавались изображения, показанные на рис.

2. Результирующие сегменты приведены на рис. 3.

Этап 3 – идентификация.

Было проведено сравнение полученных сегментов ковшей со всеми сегментами-прототипами, хранящимися в базе данных. По наименьшему значению расстояния Хемминга определялся эталон и соответствующий номер на изображении ковша. Из рис. 4 видно, что анализируемому сегменту соответствует эталон с номером 026, т. е. идентификация успешна.

ВЫВОДЫ

Компьютерный эксперимент идентификации номера ковша по предложенной в статье технологии подтвердил достаточно высокую эффективность обработки. Так, относительное расстояние Хемминга при сравнении изображений сегментов фото одного и того же ковша



Рис. 2. Пример исходных фотоизображений



Рис. 3. Примеры выделенных областей интереса

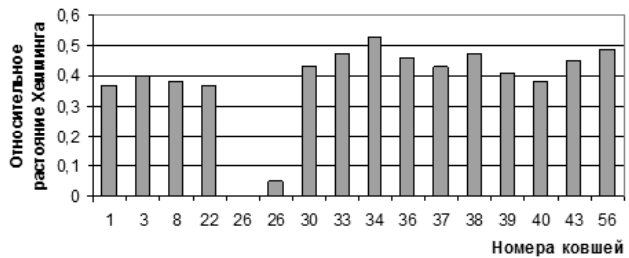


Рис. 4. Относительное расстояние Хемминга при сравнении сегмента ковша № 026 и эталонов ковшей с номерами: № 01, 03, 08, 022, 026, 026, 030, 033, 034, 036, 037, 038, 039, 040, 043, 056

для разных условий составило $0,01 \div 0,16$, для разных ковшей – $0,26 \div 0,49$, что достаточно для принятия решения о нахождении оценки близости в диапазоне вариаций внешних условий съёмки номера ковша, соответствующей эталону или не принадлежащей этому эталону. Ошибки первого рода находятся в диапазоне $0 \div 0,07$, второго рода в диапазоне $0 \div 0,01$. Средняя погрешность идентификации составила 4 %.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Тэрано, Т. Прикладные нечеткие системы / Т. Тэрано, К. Асаи, М. Сугэно ; пер. с япон. Ю. Н. Чернышова. – М. : Мир, 1993. – 368 с.
2. Арлазаров, В. Л. Адаптивное распознавание символов [Электронный ресурс] / В. Л. Арлазаров, В. В. Троянker, Н. В. Котович // Режим доступа к статье: <http://www.cuneiform.ru/tech/adaptive.html>
3. Васюра, А. С. Моделирование нейросети для решения задачи идентификации символов [Электронный ресурс] / А. С. Васюра, Т. Б. Мартынюк, Л. М. Куперштейн // Наукові праці ВНТУ. – 2007. – № 1. – Режим доступа к статье: www.nbu.v.gov.ua/e-journals/VNTU/2007-1/ru/07vasosi_ru.pdf
4. Zhang, L. Italic Font Recognition Using Stroke Pattern Analysis on Wavelet Decomposed Word Images, / L. Zhang, Y. Lu, C. L. Tan // The 17th International Conference on Pattern Recognition, ICPR2004, Cambridge, United Kingdom, 23–26 August 2004. – vol. 4. – pp. 835–838 // Режим доступа к статье www.comp.nus.edu.sg/~tancl/Papers/ICPR04/Italic_DIAL2004.pdf
5. Смирнов, А. Е. Метод распознавания номера вагона с помощью механизма нечеткого вывода / А. Е. Смирнов // Вестник РГРТУ. – 2007. – Вып. 22. – С. 24–27.
6. Распознавание номеров вагонов // Транзит-Инспектор URL: <http://www.iss.ru/products/transit/> (дата обращения: 07.07.2013).
7. Система распознавания номеров вагонов, учет вагонов, контроль вагонов, учет простоя вагонов, ЭТРАН, МЕТ-ТЛЕР ТОЛЕДО // Система распознавания номеров вагонов «ARSCIS» и автоматизированные системы управления железнодорожными грузоперевозками URL: <http://www.mallenom.ru/arscis.php> (дата обращения: 07.07.2013).
8. Распознавание номеров ЖД вагонов // Технология «Видеолокатор» URL: <http://www.iss.ru/products/transit/> (дата обращения: 07.07.2013)
9. Система распознавания номеров железнодорожных вагонов RailwayDisp // Intlab URL: http://www.intlab.ru/page.php?ipage=railwaydisp_info (дата обращения: 07.07.2013).
10. Дьяконов, В. П. MATLAB. Обработка сигналов и изображений. Специальный справочник / В. П. Дьяконов, И. В. Абраменкова. – С.Пб. : Питер, 2002. – С. 517–584.
11. Бровко, Р. С. Оптимизированный вариант реализации медианного фильтра / Р. С. Бровко, В. В. Мухин // Вісник Запорізького національного університету. – 2010. – № 2. – С. 18–23.
12. Сергиенко, А. В. Метод локализации информативных областей на изображении на основе пороговой обработки и кластеризации // IX Міжнародна науково-технічна конференція «Гіротехнології, навігація, керування рухом і конструювання авіаційно-космічної техніки»: збірка доповідей. – К. : НТУУ «КПІ», 2013. – Т. 2. – С. 488–491.
13. Метод локализации информативных областей на основе низкоуровневых характеристик изображения / [Каргин А. А., Сергиенко А. В., Пятикоп Е. Е., Плескачевская В. С.] // Системы обработки информации : сб. науч. трудов. – ХНТУ. – Харьков, 2013. – Вып. 1 (108). – С. 61–66.
14. Каргин, А. А. Идентификация номера чугуновозного ковша по сегменту изображения сравнением его с эталонным сегментом / А. А. Каргин, А. В. Сергиенко // Проблеми інформаційних технологій, зб. наук. праць. – Херсон, 2010. – Вып. 7. – С. 114–121.

Стаття надійшла до редакції 13.08.2013.

Сергиенко А. В.¹, Каргин А. А.²

¹Асистент, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь, Україна

²Д-р техн. наук, професор Донецького національного університету, м. Донецьк, Україна

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИЗНАЧЕННЯ НОМЕРА НА ЧАВУНОВОЗНОМУ КОВШІ

У статті розглядається інформаційна технологія визначення номера на чавуновозному ковші. Виділені й розкриті етапи обробки: попередня фільтрація й неповна гранична обробка глобальною бінаризацією, локалізація за допомогою кластеризації зображення й ідентифікація, за допомогою оригінального методу, що базується на нечіткому представленні зображень і порівнянні їх з нечіткими еталонами. У результаті проведених експериментів підтверджується ефективність обробки за пропонуваною технологією.

Ключові слова: зображення, функція яскравості, фільтрація, бінаризація, кластеризація, сегмент, ідентифікація, нечітке представлення, еталон.

Sergienko A. V.¹, Kargin A. A.²

¹Assistant, Priazovskiy State Technical University, Mariupol, Ukraine

²Doctor of technical science, professor, Doneckiy National University, Doneck, Ukraine

INFORMATION TECHNOLOGY FOR RECOGNITION OF THE NUMBER ON THE HOT METAL TRANSFER LADLE

The article describes the information technology for recognition of the number on the hot metal transfer ladle. Processing stages have been identified and described: preliminary processing, localization and number identification. The filtration and incomplete thresholding by means of global binarization with an automatic choice of a threshold have been analyzed. Localization is executed by a single linkage (the nearest neighbour) method with the modified windowing search algorithm. After localization area has been identified, a segment is generated. Identification is accomplished by means of a unique method, which is based on an indistinct representation of images and their comparison with indistinct standards. Combining in a characteristic point the segment which is being analyzed with a prototype segment kernels are formed. Those are then fractured into blocks. Based on these blocks two fuzzy sets are obtained – one for the segment that is being analyzed and one for the prototype. For these sets the relative Hamming distance is then calculated. The calculated value shows the degree of similarity of the segments. During the tests it was proved that the Hamming distance for the segments with identical

numbers is $0,01 \div 0,16$, whereas for the segments with numbers of different ladles it is $0,26 \div 0,49$, which is enough for a successful identification of a ladle by the image of its number.

Keywords: image, brightness function, filtration, binarization, clusterization, segment, identification, indistinct representation, prototype.

REFERENCES

1. Te'rano T. Asai K., Suge'no M. Prikladny'e nechetkie sistemy', Per. s iapon. Iu. N. Cherny'shova. Moscow, Mir, 1993, 368 p.
2. Arlazarov V. L., Troianker V. V., Kotovich N. V. Adaptivnoe raspoznavanie simvolov [E'lektronny'i' resurs], *Rezhim dostupa k stat'e*, <http://www.cuneiform.ru/tech/adaptive.html>
3. Vasiura A. S., Marty'niuk T. B., Coopershtein L. M. Modelirovanie nei'roseti dlia resheniia zadachi identifikatsii simvolov [E'lektronny'i' resurs], *Naukovi praci VNTU*, 2007, No. 1, Rezhim dostupa k stat'e: www.nbu.gov.ua/e-journals/VNTU/2007-1/ru/07vasosi_ru.pdf
4. Zhang L., Lu Y., Tan C. L. Italic Font Recognition Using Stroke Pattern Analysis on Wave-let Decomposed Word Images, *The 17th International Conference on Pattern Recognition, ICPR2004*, Cambridge, United Kingdom, 23–26 August 2004, vol. 4, pp. 835–838, Rezhim dostupa k stat'e www.comp.nus.edu.sg/~tancl/Papers/ICPR04/Italic_DIAL2004.pdf
5. Smirnov A. E. Metod raspoznavaniia nomera vagona s pomoshch'iu mehanizma nechetkogo vy'voda, *Vestnyk RGRU*, 2007, Vy'p. 22, pp. 24–27.
6. Raspoznavanie numerov vagonov, *Tranzit-Inspektor* URL: <http://www.iss.ru/products/transit/> (data obrashcheniia: 07.07.2013).
7. Sistema raspoznavaniia numerov vagonov, uchet vagonov, kontrol' vagonov, uchet prostoia zagonov, E'TRAN, METTLER TOLEDO, *Sistema raspoznavaniia numerov vagonov «ARSCIS» i avtomatizirovanny'e sistemy' upravleniia zheleznodorozhny'mi gruzopere-vozkami* URL, <http://www.mallenom.ru/arscis.php> (data obrashcheniia: 07.07.2013).
8. Raspoznavanie numerov ZHD vagonov, *Tekhnologiya «Videolokator»* URL, <http://www.iss.ru/products/transit/> (data obrashcheniia: 07.07.2013)
9. Sistema raspoznavaniia numerov zheleznodorozhny'kh vagonov RailwayDisp, *Intlab* URL, http://www.intlab.ru/page.php?ipage=railwaydisp_info (data obrashcheniia: 07.07.2013).
10. D'iakonov V. P., Abramenkova I. V. MATLAB. Obrabotka signalov i izobrazhenii'. Spetsial'ny'i' spravochnik, Sankt-Peterburg, Peter, 2002, pp. 517–584.
11. Brovko R. S., Muhin V. V. Optimizirovanny'i' variant realizatsii mediannogo fil'tra, *Visnik Zaporiz'kogo natsional'nogo universitetu*, 2010, No. 2, pp. 18–23.
12. Sergienko A. V. Metod lokalizatsii informativny'kh oblastei' na izobrazhenii na os-nove porogovoi' obrabotki i clusterizatsii, *IX Mizhnarodna naukovo-tekhnichna konferentsiia «Girotekhnologii, navigatsiia, keruvanniia ruhom i konstruiuvanniia aviatcii'no-kosmichnoi' tekhniki»*: *Zbirka dopovidei'*, Kiev, NTUU «KPI», 2013, Vol. 2, pp. 488–491.
13. Kargin A. A., Sergienko A. V., Piatikop E. E., Pleskachevskaia V. S. Metod lokalizatsii informativny'kh oblastei' na osnove nizkourovnevy'kh harakteristik izobrazheniia, *Sistemy' obrabotki informatsii : sb. nauk. Trudov*, Har'kov, KHNTU, 2013, Vip. 1 (108), pp. 61–66.
14. Kargin A. A., Sergienko A. V. Identifikatsiia nomera chugunovoznogo kovsha po segmentu izobrazheniia sravneniem ego s e'talonnym segmentom, *Problemi informatsii' nikh tekhnologii'*, *zb. nauk. prate'*. KHerson, 2010, Vip. 7, pp. 114–121.