

Применение алгоритмов дактилоскопической идентификации для решения задачи контроля логистики лесоматериала

Т.П. Огар, О.О. Привалов, И.В. Степанченко, О.В. Степанченко, И.М. Харитонов

Камышинский технологический институт (филиал) Волгоградского государственного технического университета

Аннотация: В статье изложены результаты экспериментов по исследованию возможности применения алгоритмов машинного зрения для идентификации лесоматериала, в частности кругляка, на основе распознавания изображения годовых колец, принятых в качестве естественного маркера. Распознавание изображений осуществляется с применением алгоритмов дактилоскопической идентификации. Приведены результаты тестирования нескольких алгоритмов дактилоскопической идентификации. Произведен анализ эффективности предлагаемого метода и его пригодности для решения подобных задач.

Ключевые слова: годовые кольца, отпечатки пальцев, распознавание, идентификация, обработка изображений, распознавание образов, оперативный учет, эффективность.

Введение

Древесина является одним из важнейших видов сырья. Согласно федеральному закону № 415 от 23.12.2013г. «О внесении изменений в Лесной кодекс Российской Федерации и Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях» вся древесина, заготовленная в лесах, подлежит обязательному учету, а некоторые виды древесины обязательной поштучной маркировке для вывоза из страны.

Обеспечение оперативного контроля за движением лесоматериалов задача актуальная, но в силу особенностей процессов лесозаготовки и дальнейшей переработки сложная и на данный момент нерешенная.

Основной целью данной работы является увеличение эффективности логистики (учета) материала лесозаготовок за счет автоматизации процесса идентификации лесоматериала с применением алгоритмов машинного зрения. Под эффективностью понимается метод, не требующий значительных изменений в технологическом оборудовании, а также имеющий низкую стоимость внедрения. В качестве входных данных для идентификации предлагается использовать растровое изображение (фотографию) поперечного спила ствола дерева, в виду присутствия на спиле уникального «рисунка» годовых колец.

В качестве базового алгоритма идентификации предлагается решение, на основе методов и алгоритмов распознавания отпечатков пальцев, т.к. визуально годовичные кольца схожи с папиллярными узорами (рис.1).

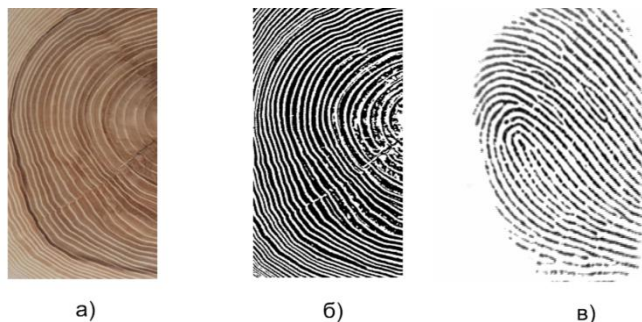


Рис. 1. – а) изображение годовичных колец б) бинаризованное изображение годовичных колец в) пример дактилоскопического отпечатка

В работе ставится задача исследовать различные алгоритмы идентификации отпечатков пальцев, применительно к решению задачи нахождения одинаковых образцов древесины в массиве, подобных по изображениям, годовых колец поперечного спила [1, 2].

Исследование проводилось на массиве растровых изображений, полученных в результате фотосъемки поперечных спилов кругляка. Для обеспечения вариативности входных данных, в массив изображений также вошли оригинальные изображения, прошедшие ряд преобразований, таких как поворот, масштабирование, добавление артефактов, скрывающих часть изначального рисунка, а также изменение яркости и контрастности. Тем самым были смоделированы некоторые условия вариативности, которые обусловлены проведением фотосъемки в реальных условиях, на разных стадиях транспортировки. Формат изображений 1000x1000 пикселей 8 bit (RGB). Также часть изображений были предварительно разделены на фрагменты, для эмуляции технологического процесса роспуска кругляка на пиломатериал. Общее количество изображений для экспериментов составило 234.

В качестве алгоритмов сопоставления отпечатков пальцев, участвующих в экспериментах были выбраны следующие:

JY – реализация алгоритма, предложенного Jiang и Yau в 2000 году, сопоставления отпечатков пальцев на основе глобальных и локальных признаков [3];

MJY – алгоритм множественных выравниваний, предложенный Medina-Pérez в 2012 году, является улучшенной версией алгоритма JY [4];

MPN – алгоритм, предложенный Medina-Pérez в 2011 году, для проверки отпечатка пальца с использованием m–триплетов [4];

PN – алгоритм, предложенный Parziale и Niel в 2004 году, проверки сходства отпечатков с использованием триангуляции деталей [5];

M3gl – оптимизированный алгоритм проверки отпечатка пальца с использованием m–триплетов, предложенный Medina-Pérez в 2012 году [6];

MQYW – алгоритм, предложенный Medina-Pérez в 2012 году, с улучшением стратегии множественных выравниваний, является усовершенствованной версией алгоритма QYW [7];

QYW – реализация алгоритма сопоставления деталей отпечатков, предложенного Qi, Yang и Wang в 2005 году, использующего объединение деталей отпечатков с глобальными полями ориентации [8];

TK – реализация алгоритма, предложенного Tico и Kuosmanen в 2003 году, основанного на описании ориентационного поля шаблонного отпечатка относительно каждой детали [9];

MTK – реализация алгоритма, предложенного Medina-Pérez в 2009 году, как модификация алгоритма TK, улучшение алгоритма, основанного на описании ориентационного поля шаблонного отпечатка относительно каждой детали [10].

Каждый из перечисленных алгоритмов основан на поиске и сравнении локальных особенностей текстуры папиллярного узора (минуций) для пары сравниваемых изображений эталона и (идентифицируемого образца). Сравнение осуществляется с учетом применения аффинных преобразований, компенсирующих трансформацию двух изображений в условиях отличающейся съемки.

Оценка соответствия отпечатков выполняется по формуле:

$$K = \frac{D^2}{pq} \cdot 100 \% , \quad (1)$$

где D — количество совпавших минуций, p — количество минуций эталона, q — количество минуций опознаваемого отпечатка). В случае, если результат превышает 65%, отпечатки считаются идентичными. Для рассматриваемой задачи, этот порог эмпирически был понижен до 60%.

Исследования проводились с использованием разработанного программного модуля, использующего функции фреймворка FVC-onGoing, реализующего

вышеперечисленные алгоритмы идентификации отпечатков пальцев по их изображениям (рис.2).

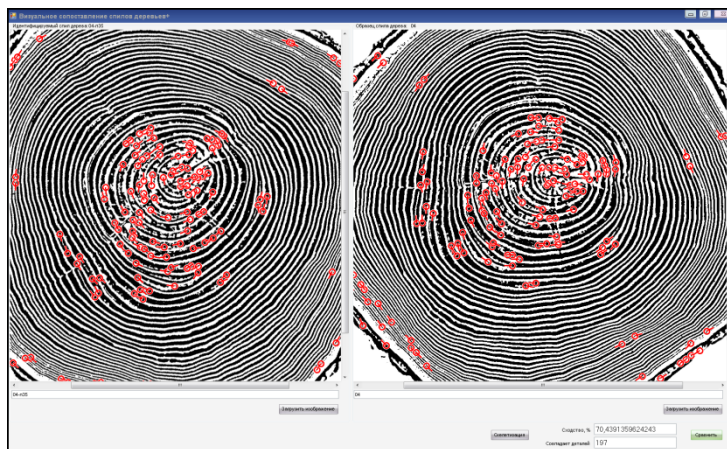


Рис. 2. – Окно программного модуля. Пример визуализации найденных особых точек.

Порядок исследования

1. Предварительная обработка изображений растровыми алгоритмами для получения бинаризованного и скелетизированного изображений.
2. Выбор пары случайных изображений для определения коэффициента сходства на примере работы выбранных алгоритмов сопоставления отпечатков пальцев.
3. Регистрация полученных количественных значений (количество найденных особых точек и коэффициент сходства) в карточку эксперимента.
4. Проведение интегральной оценки качества идентификации образцов.
5. Обобщение результатов серии экспериментов (рис.3).

		- полный спил			- доска			- скелет			
№ Эксперимента		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Образцы	001										
	002										
	003										
	004										
	005										
	006										
	007										
	008										
	009										
	010										
	011										
	012										
Алгоритмы											
JY	Сходство, %	61,4334	100	39,5849	70,4391	13,0082	25,8938	7,17932	27,163	7,08678	76,2343
	Совпадает деталей	186	271	113	197	36	39	22	76	20	270
MJY	Сходство, %	17,3145	100	20,2952	37,8788	9,09091	10	9,18728	14,7727	3,78788	45,2663
	Совпадает деталей	49	271	55	100	24	14	26	39	10	153
PN	Сходство, %	51,2756	100	54,4421	70,0352	34,9441	41,4614	35,8686	45,4124	11,3067	78,9286
	Совпадает деталей	142	271	101	181	35	38	68	70	9	262
MPN	Сходство, %	51,2756	100	54,4421	70,0352	34,9441	40,3703	36,396	46,0612	11,3067	15,364
	Совпадает деталей	142	271	101	181	35	37	69	71	9	51
M3gl	Сходство, %	4,69404	100	21,992	21,9203	8,97129	10,0119	4,23194	8,14815	2,6673	0,01452
	Совпадает деталей	60	271	87	121	30	29	39	44	13	4
QYW	Сходство, %	67,6022	100	25,2982	76,9448	5,15399	44,4215	17,8975	3,3193	12,2061	82,2067
	Совпадает деталей	186	271	32	197	2	27	23	3	3	277
MQYW	Сходство, %	38,9663	100	13,3149	49,9053	14,2975	12,3532	6,99732	8,33525	12,2457	58,0683
	Совпадает деталей	105	271	19	128	6	8	9	8	3	193
TK	Сходство, %	4,99501	100	2,42104	0,00517	23,2171	6,76769	5,37386	6,33733	14,9741	15,1174
	Совпадает деталей	138	271	47	5	35	37	68	59	20	259
MTK	Сходство, %	1,78505	100	7,97876	4,32961	14,2678	4,96835	2,03044	4,76298	6,38618	4,23395
	Совпадает деталей	61	271	68	89	24	27	32	45	10	99

Рис. 3. – Сводная таблица экспериментов

Интегральная оценка качества идентификации считалась по среднему коэффициенту сходства по результатам экспериментов для каждого алгоритма.

На диаграмме отображено обобщение результатов идентификации различными алгоритмами распознавания для бинаризованных и скелетизированных изображений объектов. На диаграмме видно, что алгоритмы MJY, PN и MTK, устойчиво лидируют (рис.4).

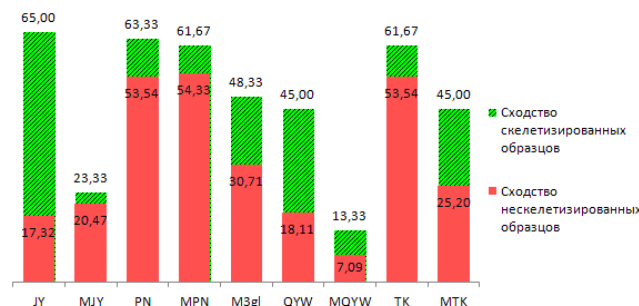


Рис. 4. – Диаграмма сравнения интегральной оценки

Заключение

Предлагаемый метод идентификации промышленных заготовок древесины, основанный на применении алгоритмов идентификации отпечатков пальцев, показал работоспособность при соблюдении следующих условий:

- получение изображений спила должно производиться в идентичных условиях (наличие равномерного освещения, одинаковые параметры съемки);
- разрешение изображения должно быть достаточным для сохранения значимых фрагментов (деталей) рисунка колец;
- идентификация досок выполняется с очень низким коэффициентом сходства, на данный момент выявлено, что площадь фрагмента доски должна составлять не менее 30 % от полного спила;
- поворот изображения уменьшает процент сходства;
- скелетизация изображения увеличивает процент сходства;
- алгоритмы MJY, PN и МТК показали наилучшие результаты, и будут использованы в дальнейших исследованиях.

Также авторы понимают, что полученные положительные результаты могут быть обусловлены за счет небольшого количества объектов, участвующих в эксперименте. В промышленных масштабах база данных для идентификации будет на порядки больше. Поэтому пока выдвигается гипотеза, что предложенный алгоритм должен работать совместно с другими методами идентификации.

Литература

1. Ревинский В.В., Хох А.Н. Компьютерный анализ числовых характеристик спилов древесных пород по их изображениям // Лесное хозяйство: тезисы докладов 81-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием), Минск, 1-12 февраля 2017 г. / Белорусский государственный технологический университет. – Минск : БГТУ, 2017. – С. 128–129. URL: elib.belstu.by/handle/123456789/21884 (дата обращения 05.05.2020)
2. Волков Ю.В., Тартаковский В.А. Алгоритм восстановления площадей прироста, основанный на геометрических особенностях годичных колец деревьев // Известия ТПУ. 2012. №5. URL: cyberleninka.ru/article/n/algoritm-vostranovleniya-ploschadey-prirosta-osnovannyy-na-geometricheskih-osobennostyah-godichnyh-kolets-dereviev.
3. Jiang X., Yau W. Y., Fingerprint Minutiae Matching Based on the Local and Global Structures. 15th International Conference on Pattern Recognition, Barcelona, Spain, 2000, pp. 1038–1041.

4. Medina-Pérez M.A., García-Borroto M., Gutierrez-Rodriguez A.E., Altamirano-Robles L. Improving the multiple alignments strategy for fingerprint verification, Lecture Notes in Computer Science, vol. 7329, 2012, pp. 1–5.
5. Parziale G., Niel A. A fingerprint matching using minutiae triangulation. 1st International Conference on Biometric Authentication, Hong Kong, China, 2004, pp. 241–248.
6. Medina-Pérez M.A., García-Borroto M., Gutierrez-Rodriguez A.E., Altamirano-Robles L. "Robust fingerprint verification using m-triplets". International Conference on Hand-Based Biometrics (ICHB 2011), Hong Kong, 2011, pp. 1–5. (DOI: 10.1109/ICHB.2011.6094348. E-ISBN: 978-1-4577-0489-5. Print ISBN: 978-1-4577-0491-8).
7. Medina-Pérez M.A., García-Borroto M., Gutierrez-Rodriguez A.E., Altamirano-Robles L. Improving Fingerprint Verification Using Minutiae Triplets, Sensors, vol. 12, pp. 3418–3437, 2012.
8. Qi J., Yang S., Wang Y. Fingerprint matching combining the global orientation field with minutia. Pattern Recognition Letters, vol. 26, pp. 2424–2430, 2005.
9. Tico M., Kuosmanen P. Fingerprint matching using an orientation-based minutia descriptor. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 25, pp. 1009–1014, 2003.
10. Medina-Pérez M.A., Gutiérrez-Rodríguez A., García-Borroto M. Improving Fingerprint Matching Using an Orientation-Based Minutia Descriptor. 14th Iberoamerican Congress on Pattern Recognition, CIARP 2009, Guadalajara, México, 2009, pp. 121–128.

References

1. Revinskij V.V., Xox A.N. Lesnoe xozyajstvo: tezisы` dokladov 81-j nauchno-
texnicheskoj konferencii professorsko-prepodavatel`skogo sostava, nauchny`x sotrudnikov i
aspirantov (s mezhdunarodny`m uchastiem), Minsk, 1-12 fevralya 2017 g. Belorusskij
gosudarstvenny`j texnologicheskij universitet. – Minsk : BGTU, 2017. pp. 128–129. URL:
elib.belstu.by/handle/123456789/21884 (data obrashheniya 05.05.2020)
 2. Volkov Yu.V., Tartakovskij V.A. Izvestiya TPU. 2012. №5. URL:
cyberleninka.ru/article/n/algorithm-vosstanovleniya-ploschadey-prirosta-osnovannyi-na-
geometricheskih-osobennostyah-godichnyh-kolets-dereviev.
 3. Jiang X., Yau W. Y. 15th International Conference on Pattern Recognition, Barcelona,
Spain, 2000, pp. 1038–1041.
-



4. Medina-Pérez M.A., García-Borroto M., Gutierrez-Rodriguez A.E., Altamirano-Robles L. Lecture Notes in Computer Science, vol. 7329, 2012, pp. 1–5.
5. Parziale G., Niel A. 1st International Conference on Biometric Authentication, Hong Kong, China, 2004, pp. 241–248.
6. Medina-Pérez M.A., García-Borroto M., Gutierrez-Rodriguez A.E., Altamirano-Robles L. International Conference on Hand-Based Biometrics (ICHB 2011), Hong Kong, 2011, pp. 1–5. (DOI: 10.1109/ICHB.2011.6094348. E-ISBN: 978-1-4577-0489-5. Print ISBN: 978-1-4577-0491-8).
7. Medina-Pérez M.A., García-Borroto M., Gutierrez-Rodriguez A.E., Altamirano-Robles L. Improving Fingerprint Verification Using Minutiae Triplets, Sensors, vol. 12, pp. 3418–3437, 2012.
8. Qi J., Yang S., Wang Y. Pattern Recognition Letters, vol. 26, pp. 2424–2430, 2005.
9. Tico M., Kuosmanen P. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 25, pp. 1009–1014, 2003.
11. Medina-Pérez M.A., Gutiérrez-Rodríguez A., García-Borroto M. 14th Iberoamerican Congress on Pattern Recognition, CIARP 2009, Guadalajara, México, 2009, pp. 121–128.