

## ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА, АВТОМАТИКА И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

УДК 004.932.72

Миков А.Ю., Логунова О.С., Маркевич А.В.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И СТРУКТУРА СИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОЦЕНКОЙ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ ХОЛОДНОКАТАНОГО ПРОКАТА

Целью исследования в работе является повышение достоверности информации при распознавании дефектов на изображениях поверхности в автоматизированном режиме на основе подсистемы интеллектуальной поддержки принятия решения в системе управления оценкой качества поверхности холоднокатаного проката. Для достижения цели в работе выполнено исследование структуры управления многостадийным производством холоднокатаного листа, определены кортежи взаимосвязанных технологических параметров со структурой изображения поверхности проката, выполнена селекция текстурных признаков изображения и разработана схема взаимодействия модулей системы классификации признаков структуры. Исследования проведены в июне-июле 2015 года для условий листопрокатного цеха одного из крупнейших металлургических предприятий Российской Федерации. Использованы методы системного анализа, классификации изображений, текстурные признаки Харалика. Основным результатом работы является схема взаимодействия модулей системы классификации признаков структуры изображения, которая позволяет выполнить проектирование и разработку программного обеспечения для повышения достоверности информации в интеллектуальной системе поддержки принятия решений при управлении процессом производства холоднокатаного проката.

**Ключевые слова:** холоднокатаный лист, качество поверхности, признаки Харалика, текстура изображения, управление многостадийным процессом.

## ВВЕДЕНИЕ

Экономические и политические кризисы в мировом пространстве привели к проблеме импортозамещения во всех областях деятельности предприятий Российской Федерации. Не является исключением и область управления технологическими процессами и производствами. В настоящее время на российских промышленных предприятиях представлен широкий спектр технологического оборудования, функционирование которого производится в автоматизированном или автоматическом режимах. Эксплуатация этого оборудования требует импортозамещения в области программно-технических средств для автоматизированных систем управления. Особенно необходимо обратить внимание на импортозамещение интеллектуальной составляющей – алгоритмическое и программное обеспечение систем автоматизации [1].

Одним из востребованных продуктов металлургического производства является стальной холоднокатаный лист, который применяется при производстве легких металлоконструкций, элементов и систем вентиляции, аспирации, противопожарной вентиляции, при изготовлении бытовой и медицинской мебели, при производстве торгового оборудования, в автомобильной промышленности для изготовления элементов и деталей корпусов, в производстве электротехнического оборудования для изготовления коробов, распределительных шкафов и пр. Кроме того, из холоднокатаного листа производят перфорированные, волнистые металлические, стеновые и кровельные покрытия. Металлопрофиль идет на изготовление листов для судостроения. Также такие листы незаменимы в крупных промышленных объектах – атомных станциях, плотинах, дамбах. Высокая прочность металла защищает от самых различных неблагоприятных внешних факторов [2]. Востребованность горячекатаного стального листа (является исходным материалом для холодной прокат-

ки) в России достигает 15 млн т [3] и составляет около 20 % от объема производимой стали (рис. 1).

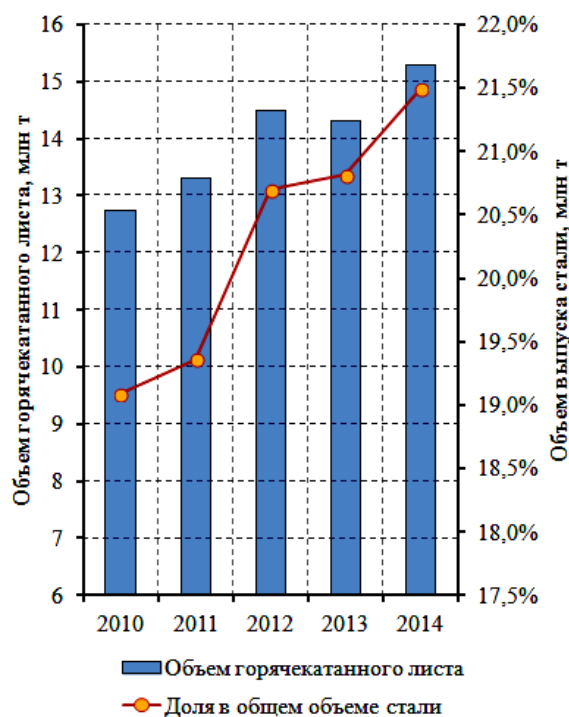


Рис. 1. Объем производства горячекатаной полосы в России и его соотношение к общему объему выпускаемой стали

Высокая востребованность горячекатаного стального листа определяет требования к качеству поверхности. Как отмечается в [4], обнаружение дефектов на поверхности холоднокатаного листа является важной составляющей при производстве автомобильного листа высокого качества. Увеличение надежности обнаружения дефектов достигается за счет снижения ошибочно классифицированных и пропущенных дефектов, которые приводят не только к некондиции, но и снижают коррозионную стойкость, абразивную устойчивость, усталостную прочность металлического листа.

В технологическую цепочку листопрокатного цеха 11 ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» внедрена система автоматической инспекции поверхности полосы *Espresso SI* фирмы *Parsytec*. В которой для обнаружения дефектов используются: сенсоры с диффузной и фокусируемой подсветкой, линейные и матричные камеры, установленные снизу и сверху полосы. Снимки дефектов (или «подозрений» на дефекты) сохраняются в базе данных, что позволяет провести дополнительную обработку изображений и использовать их для дальнейшего развития систем распознавания. К типичным дефектам, которые может обнаружить система *Espresso SI* относятся: «дыра», «царапина», «складка», «окалина» и пр. Но в настоящий момент не обеспечивается достаточный уровень обнаружения некоторых дефектов и присутствуют так называемые «псевдодефекты» [4].

Учитывая наличие информации о поверхностных псевдодефектах, в работе поставлена цель повышения достоверности информации при распознавании дефектов на изображениях поверхности в автоматизированном режиме на основе подсистемы интеллектуальной поддержки принятия решения в системе управления оценкой качества поверхности холоднокатаного проката.

Для достижения цели решаются задачи:

– расширение системы автоматизированного комплекса *Espresso SI* фирмы *Parsytec* за счет синтеза интеллектуальной поддержки принятия решения в системе управления оценкой качества поверхности холоднока-

таного проката в структуре многостадийного производства;

– построение математического обеспечения для автоматизированной системы идентификации дефектов на основе гибридного нейронечеткого классификатора для объектов в структуре изображения, включающего генерацию признаков для описания объектов на изображении, селекцию признаков с наилучшими классификационными свойствами, обучение разработанной искусственной нейронной сети для классификации признаков;

– разработка структуры адаптивной подсистемы интеллектуальной поддержки принятия решения в системе управления оценкой качества поверхности холоднокатаного проката.

#### СХЕМА МНОГОСТАДИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА С КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНИЯ

Наличие технического комплекса *Espresso SI* фирмы *Parsytec* позволяет выполнить усовершенствование управления в цепочке многостадийного производства металлургической продукции, приведенной в работе [5]. В стандартную структуру управления многостадийным производством металлургической продукции добавляется модуль синтеза интеллектуальной поддержки принятия решения в системе управления оценкой качества поверхности холоднокатаного проката (рис. 2).

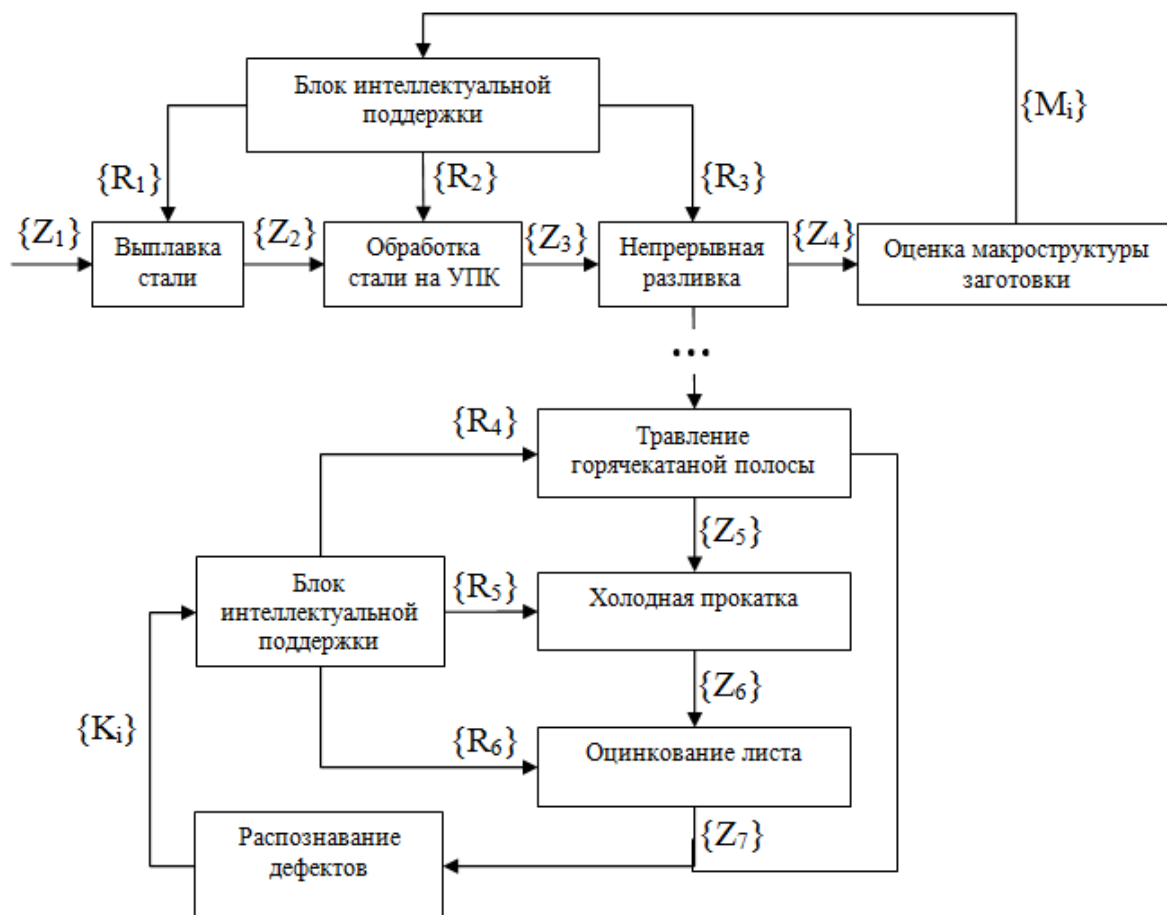


Рис. 2. Схема многостадийного производства холоднокатаного листа

Многостадийный процесс производства металлургической продукции и, в частности, холоднокатаного проката разделен на два крупных этапа: этап производства непрерывнолитой заготовки и непосредственно этап производства проката. На этапе производства заготовок выпускается полуфабрикат, который передается на множество других производственных линий. Именно на этапе производства заготовок закладывается фундамент качества готовой продукции. Дефекты макроструктуры и поверхностные дефекты получают свое развитие в процессах прокатного производства.

Проблема установления взаимосвязи между уровнями развития дефектов, полученных в процессе производства непрерывнолитой заготовки, на их последующее развитие в прокатном производстве до настоящего времени не нашла решения даже при наличии развитой корпоративной информационной системы, в состав которой представлен «сквозной» паспорт

плавки. Проблема установления взаимосвязи в первую очередь определена в наличии субъективного фактора в оценке показателей качества продукции. Оценка развития дефектов как для заготовки, так и для стального листа до настоящего времени проводится на основе традиционных методов визуального осмотра. В результате осмотра получают атрибутивные качественные признаки, которые не могут быть использованы для количественной оценки.

Для схемы, приведенной на рис. 2, все входные и выходные параметры приобретают конкретный физический и технологический смысл (см. таблицу). В таблице полужирным шрифтом выделены показатели, передающиеся между стадиями производства и определяющие выбор режимов работы агрегата следующей стадии. Наличие связывающих параметров позволяет организовать комплексное управление всеми стадиями производства.

**Состав основных векторов заданий для стадий производства непрерывнолитых заготовок и холодной прокатки**

Вектор задания	Координаты вектора	Физический или технологический смысл координаты
$\{Z_1\}$	$d$	соотношение шихтовых материалов (лом/чугун), %
	$\{c_i\}$	<b>процентное содержание химических элементов на выпуске стали из ДСП, %</b>
	$t_1$	время дуги под током, мин
	$I_1$	сила тока, МА
	$U_1$	напряжение тока, МВ
	$\{l_i\}$	доля элементов неметаллической шихты, %
	$\{v_{il}\}$	расход присадок твердых окислителей, кг
	$\{g_{il}\}$	расход газообразного кислорода, м <sup>3</sup> /ч
	$\{f_{il}\}$	удельный расход ферросплавов, кг/т
	$T_1$	<b>температура металла при выпуске из ДСП, °С</b>
	$T_1$	<b>температура металла при выпуске из ДСП, °С</b>
$\{Z_2\}$	$\{c_i\}$	<b>процентное содержание химических элементов на выпуске стали из ДСП, %</b>
	$t_2$	время дуги под током, мин
	$I_2$	сила тока, МА
	$U_2$	напряжение тока, МВ
	$\{g_{i2}\}$	расход газообразного аргона, м <sup>3</sup> /ч
	$\{f_{i2}\}$	удельный расход ферросплавов, кг/т
	$T_2$	<b>температура металла в сталеразливочном ковше при выходе с УПК, °С</b>
	$T_2$	<b>температура металла в сталеразливочном ковше при выходе с УПК, °С</b>
$\{Z_3\}$	$T_3$	температура металла в промежуточном ковше при выходе с МНЛЗ, °С
	$\{c_{ic}\}$	процентное содержание химических элементов в сталеразливочном ковше при выходе с УПК, %
	$v$	скорость вытягивания заготовки, м/мин
	$\{F_{ij}\}$	расход воды на зоны вторичного охлаждения МНЛЗ, м <sup>3</sup> /ч
	$\{D_{ij}\}$	расход воздуха на зоны вторичного охлаждения МНЛЗ, м <sup>3</sup> /ч
	$w$	частота качания кристаллизатора
	$F$	расход воды на кристаллизатор, м <sup>3</sup> /ч
	$\{M_{i3}\}$	<b>задание на оценку макроструктуры заготовки, балл</b>
	$\{M_{i3}\}$	<b>задание на оценку макроструктуры заготовки, балл</b>
	$\{c_m\}$	процентное содержание химических элементов в промежуточном ковше МНЛЗ (последняя проба), %
$\{Z_4\}$	$\{I_i\}$	<b>информация об отборе темплета для оценки качества</b>
	$\{I_i\}$	<b>информация об отборе темплета для оценки качества</b>

Вектор задания	Координаты вектора	Физический или технологический смысл координаты
$\{M_i\}$	$\{O_i\}$	фактические результаты оценки качества, балл
	$\{I_i\}$	информация об отборе темплета для оценки качества
$\{Z_5\}$	$w$	ширина листа, мм
	$d$	толщина листа, мм
	$v$	скорость прокатки, м/с
	$T$	температура травления, °C
	$\{I_n\}$	Изображения поверхности полосы после травления
$\{Z_6\}$	$w$	ширина листа, мм
	$d$	толщина листа, мм
	$v$	скорость прокатки, м/с
	$T$	температура прокатки, °C
	$t$	Время выдержки в печи, ч
$\{Z_7\}$	$w$	ширина листа, мм
	$d$	толщина листа, мм
	$v$	скорость прокатки, м/с
	$T$	температура цинкования, °C
	$t$	Время выдержки в печи, ч
$\{K_i\}$	$\{I_{i2}\}$	Изображения поверхности оцинкованной полосы

#### ОПИСАНИЕ ДАННЫХ, ПОЛУЧАЕМЫХ В ХОДЕ РАБОТЫ КОМПЛЕКСА *ESPRESSO SI* ФИРМЫ *PARSYTEC*

Изображения поверхности листа холоднокатаного проката (рис. 3), получаемые с камеры, имеют разрешение 101 ppi (пикселей на дюйм) и являются монохромными – в оттенках серого, соотношение сторон 1:6. Дефекты на поверхности листа на изображении случайно расположенные и являются объектами нерегулярной формы, различных размеров, ориентации и яркости.

В работах [6-9] предлагается использование системы интеллектуальной поддержки принятия решений при оценке качества непрерывной заготовки. Авторы использовали статистические и детерминированные методы сегментации изображения серного отпечатка. Также углубленный анализ изображений серных отпечатков привел к необходимости применения теории нечетких множеств при классификации изображений.

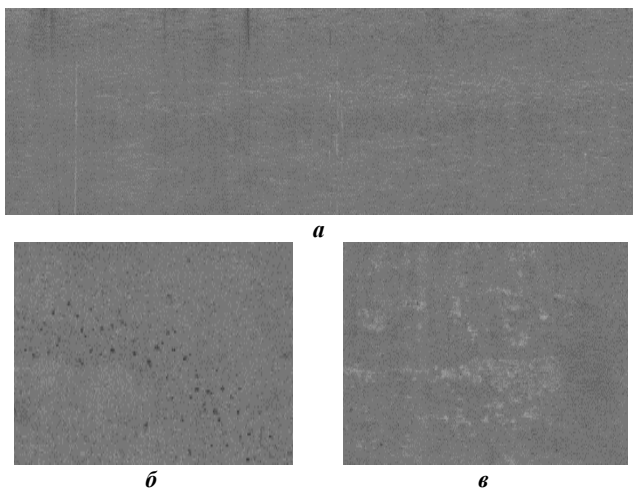


Рис. 3. Изображения фрагментов листового проката: а – с дефектом «царапина»; б – с дефектом «пятна загрязнения»; в – с дефектом «пятна промасливания»

Однако общность свойств изображения не позво-

ляет использовать указанные методы при сегментации изображения поверхности холоднокатаного листа. Проявление поверхностных дефектов носит текстурный характер и требует использования специальных методик для выявления однородности в структуре изображения.

#### МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ

В работе [10] Р.М. Хараликом предложены текстурные признаки изображения, основанные на его статистических свойствах. Текстурные признаки позволяют агрегировать контекстную информацию с определенными свойствами инвариантности под конкретную задачу распознавания образов.

В рамках задачи распознавания дефектов выбраны текстурные признаки Харалика, основанные на статистиках первого и второго порядков, извлеченных из матрицы пространственной смежности. Матрица пространственной смежности  $A[i, j]$  представляет для заданного относительного расстояния между пикселями  $d$  и ориентации  $\phi$  общее число пар пикселей, расположенных на смещении  $d$  под углом  $\phi$  и обладающих яркостями  $i$  и  $j$ . Матрица  $A[i, j]$  нормирована делением каждого элемента на общее число пар пикселей. По своей сути каждый элемент матрицы  $A$  представляет собой вероятность  $p$  того, что пиксель со значением яркости  $i$  будет найден рядом (на расстоянии  $d$  под углом  $\phi$ ) с пикселем яркости  $j$ :

$$A = \begin{pmatrix} p(0, 0) & p(0, 1) & \dots & p(0, N_g - 1) \\ p(1, 0) & p(1, 1) & \dots & p(1, N_g - 1) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p(N_g - 1, 0) & p(N_g - 1, 1) & \dots & p(N_g - 1, N_g - 1) \end{pmatrix},$$

где  $N_g$  – размер диапазона яркости (для изображения в оттенках серого при 8-битной глубине цвета  $N_g = 256$ ).

С использованием яркостной матрицы смежности вычисляются текстурные признаки, приведенные в работе [10]:

– угловой момент второго порядка (мера гладкости изображения):

$$f_1 = \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} p^2(i, j);$$

– контраст Харалика (мера локальной дисперсии серого):

$$f_2 = \sum_{n=0}^{N_g-1} n^2 \left\{ \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} p(i, j) \right\};$$

– корреляция Харалика:

$$f_3 = \frac{\sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} (ij) p(i, j) - \mu_x \mu_y}{\sigma_x \sigma_y},$$

где  $\mu_x, \mu_y, \sigma_x, \sigma_y$  – среднее и стандартное отклонение  $p_x, p_y$  частной плотности вероятности;

– дисперсия Харалика:

$$f_4 = \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} (i - \mu)^2 p(i, j);$$

– обратный разностный момент (имеет большое значение для низкоконтрастных изображений):

$$f_5 = \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} \frac{1}{1 + (i - \mu)^2} p(i, j);$$

– суммарное среднее:

$$f_6 = \sum_{i=2}^{2N_g} i p_{x+y}(i),$$

где  $x$  и  $y$  – координаты (строки и столбцы) матрицы пространственной смежности,  $p_{x+y}(k) = \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} p(i, j) i + j = k, k = 2, 3, \dots, 2N_g$ ;

– суммарная дисперсия:

$$f_7 = \sum_{i=2}^{2N_g} (i - f_6)^2 p_{x+y}(i)$$

– суммарная энтропия:

$$f_8 = - \sum_{i=2}^{2N_g} p_{x+y}(i) \log(p_{x+y}(i));$$

– энтропия (мера равномерности):

$$f_9 = - \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} p(i, j) \log(p(i, j));$$

– разностная дисперсия:

$$f_{10} = \sum_{i=0}^{N_g-1} i^2 p_{x-y}(i),$$

где  $p_{x-y}(k) = \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} p(i, j) |i - j| = k, k = 0, 1, \dots, N_g - 1$ ;

– разностная энтропия:

$$f_{11} = - \sum_{i=0}^{N_g-1} i^2 p_{x-y}(i) \log(p_{x-y}(i));$$

– первая информационная мера корреляции:

$$f_{12} = \frac{f_9 - HXY_1}{\max\{HX, HY\}},$$

где  $HXY_1 = - \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} p(i, j) \log(p_x(i) p_y(j))$ ,  $HX$  и  $HY$  – энтропия  $p_x(i) = \sum_{j=1}^{N_g} p(i, j)$  и  $p_y(j) = \sum_{i=1}^{N_g} p(i, j)$ ;

– вторая информационная мера корреляции:

$$f_{13} = \sqrt{1 - \exp(-2HXY_2 - f_9)},$$

где  $HXY_2 = - \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} p_x(i) p_y(j) \log(p_x(i) p_y(j))$ ,

– максимальный коэффициент корреляции:

$$f_{14} = \sqrt{\text{второе по величине собственное значение } Q},$$

где  $Q(i, j) = \sum_k \frac{p(i, k) p(j, k)}{p_x(i) p_y(j)}$ .

Для каждого расстояния и направления отсчета функции яркости могут быть рассчитаны все 14 признаков Харалика. В связи с чем возникает задача селекции признаков, которые войдут в пространство признаков и будут использованы в дальнейшем на этапе классификации.

Современные средства разработки программного обеспечения дают возможность сосредоточиться на решаемой задаче за счет грамотно выбранного инструментария. В качестве языка программирования в рамках данного исследования используется Python. Python можно отнести к языкам, подходящим для разработки приложений машинного обучения, в арсенале которого присутствует набор библиотек с открытым исходным кодом (NumPy, SciPy, scikit-learn и проч.). Python, являясь интерпретируемым высокоуровневым языком программирования, позволяет быстро проводить эксперименты с различными наборами исходных данных и алгоритмов. Так как изображения представляют собой данные специального вида, к ним также применимы методы интеллектуальной обработки данных, реализованные в библиотеках Python. Также существуют специальные пакеты машинного зрения (mahotas, Skimage, OpenCV и проч.), совместимые с библиотеками систем машинного обучения, что позволяет строить сложные конвейеры машинного зрения.

#### СТРУКТУРА СИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ

Для селекции признаков предлагается использовать методику, предложенную в [11]. Порядок селекции информативных признаков приведен на рис. 4.

В системе классификации признаков текстуры выделяются два модуля: обучения и классификации. На выходе модуля обучения получаем два типа классификатора:

- активный классификатор используется для распознавания дефектов на поверхности металлической полосы;
- тестовый классификатор используется в случае «дообучения» активного классификатора. Используется

для отладки и тестирования процесса распознавания при добавлении новых классов объектов, либо при расширении обучающей выборки. Если в процессе эксплуатации тестовый классификатор дает более высокую верность, чем активный, значит, его можно перевести в статус «активного».

Схема взаимодействия модулей системы классификации признаков структуры изображена на **рис. 5**.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Анализ востребованности металлургической продукции и, в частности, холоднокатаного проката продемонстрировал возрастающую тенденцию объемов его производства в Российской Федерации. Потребители отраслей использования горячекатаного проката выдвигают высокие требования к качеству потребляемой продукции. Эти требования являются вызовом к разработке систем интеллектуальной поддержки системы управления производством, обеспечивая достоверную информацию о качестве продукции.

2. Исследована и проанализирована структура многостадийного производства холоднокатаного стального листа, начиная от стадии выплавки стали до стадии травления, прокатки и цинкования. Результаты системного анализа продемонстрировали отсутствие

модулей интеллектуальной поддержки управления на этапах непрерывной разливки стали и листовой прокатки. Однако на этих этапах представлены и функционируют программно-аппаратные комплексы для сбора графической информации о качестве полуфабриката – заготовки и листа.

3. Наличие графической информации позволяет сформировать базу знаний и на ее основе разработать систему автоматизированного принятия решений о качестве продукции с пониженной долей человеческого фактора. Выполнена селекция текстурных признаков Харалика для выявления нарушения текстуры изображений поверхности холоднокатаного листа для формирования математического обеспечения интеллектуальной поддержки системы управления производством.

4. Использование методов системного анализа, классификации изображений, текстурных признаков Харалика позволило разработать схему взаимодействия модулей системы классификации признаков структуры изображения, на основе которой выполняется проектирование и разработка программного обеспечения для повышения достоверности информации в интеллектуальной системе поддержки принятия решений при управлении процессом производства холоднокатаного проката.

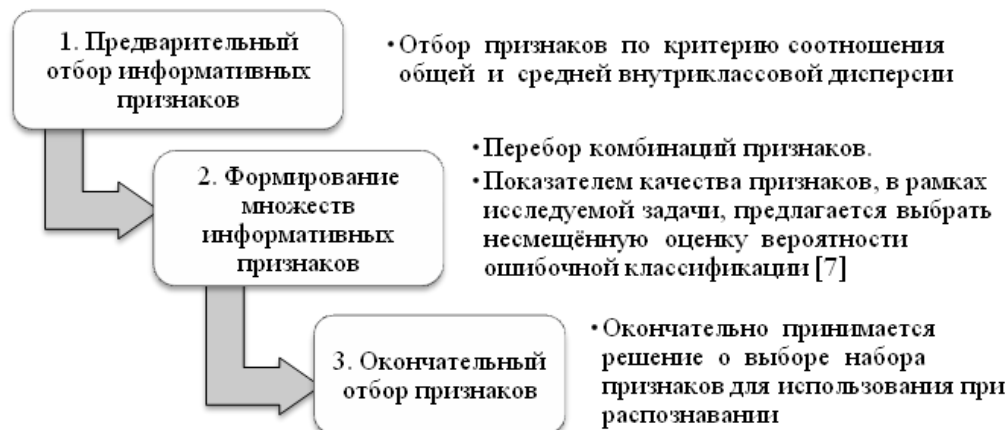


Рис. 4. Этапы селекции признаков для задачи распознавания

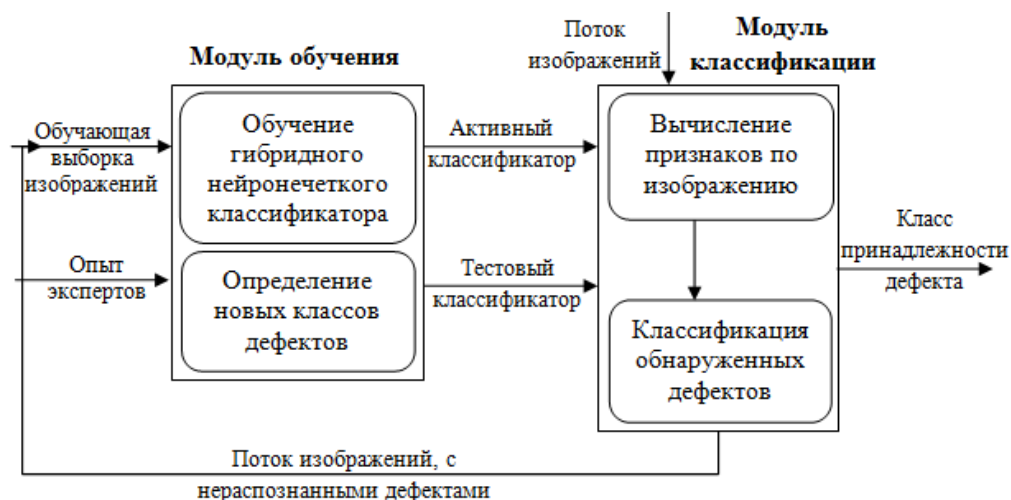


Рис. 5. Схема взаимодействия модулей системы классификации признаков структуры

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мышляев Л.П., Ивушкин А.А. Задачи разработки систем автоматизации управления при импортозамещении // Системы автоматизации в образовании, науке и производстве: труды X Всероссийской научно-практической конференции. Новокузнецк: Изд. Центр СибГИУ, 2015. С. 7.
2. Сайт компании «Аэросталь» [Электронный ресурс]. СПб., 2015. Режим доступа : <http://www.steelaero.ru>, свободный. Загл. с экрана.
3. Сайт компании Worldsteel association [Электронный ресурс]. Brussels, 2015. Режим доступа: <http://www.worldsteel.org>, свободный. Загл. с экрана.
4. Миков А.Ю., Логунова О.С., Маркевич А.В. Обоснование необходимости повышения точности обнаружения дефектов на поверхности холоднокатаного листа для машиностроения // Электротехника. Энергетика. Машиностроение: сб. науч. тр. I Междунар. науч. конф. молодых ученых. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2014. С. 109-111.
5. Logunova O.S., Matsko I.I., Posochov I.A. Integrated system structure of intelligent management support of multistage metallurgical processes // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2013. № 5(45). С. 50-55.
6. Logunova O.S., Matsko I.I., Posohov I.A., Luk'ynov S.I. Automatic system for intelligent support of continuous cast billet production control processes // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2014. vol.74. № 9-12. С. 1407-1418.
7. Логунова О.С., Парсункин Б.Н., Суспицын В.Г. Автоматизированная оценка качества непрерывнолитой заготовки // Сталь. 2004. №12. С. 101-104.
8. Logunova O.S., Posokhov I.A. Classification method of sulfur print image based on characteristics of intensity histogram // Advances in Communication Technology and Systems Proceedings of the 2014 International Conference on Communication Technology and System (ICCTS 2014). Ser. "WIT Transactions on Information and Communication Technologies", 2014. С. 20-29.
9. Мацко И.И., Белявский А.Б., Логунова О.С. Система управления в технологической цепочке производства непрерывнолитой заготовки с использованием автоматизированной оценки качества. // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. 2014. №1(4). С. 55-61.
10. Haralick R.M., Dinstein, Shanmugam K. Textural features for image classification // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. 1973. November, vol. SMC-3. P. 610-621.
11. Глумов Н.И., Мясников Е.В. Метод отбора информативных признаков на цифровых изображениях // Компьютерная оптика. 2007. Т.31, №3. С. 73-76.

## INFORMATION IN ENGLISH

## SOFTWARE AND STRUCTURE OF INTELLECTUAL SUPPORT SYSTEM FOR DECISION-MAKING FOR COLD-ROLLED STEEL SURFACE QUALITY ASSESSMENT MANAGEMENT SYSTEM

Mikov A.Yu., Logunova O.S., Markevich A.V.

The purpose of the present research is to increase information reliability of surface images defects recognition in the automatic mode on the basis of a subsystem of intellectual support for decision-making in the cold rolled steel surface quality assessment control system. To achieve the purpose, the research was carried out is on the structure of cold rolled steel multistage production management, tuples of interconnected process parameters with the structure of the cold rolled steel surface images were defined, selection of texture features of the images was carried out and a scheme of the interaction of modules of the structural features classification system was developed. The research was carried in the period of June – July 2015 under conditions of the sheet rolling shop of one of the largest industrial metallurgical works in the Russian Federation. Methods of system analysis, images classification, Haralick's texture features were used. The main result of the research is a scheme of the interaction of the modules of the images structure features classification system, which makes it possible to design and develop software to improve information reliability in the intelligent decision support system for the management of the cold-rolled sheet production process.

**Keywords:** cold rolled sheet, surface quality, Haralick's texture features, texture image, multistage production management.

## REFERENCES

1. Myshlyayev L.P., Ivushkin A.A. *Zadachi razrabotki sistem avtomatizatsii upravleniya pri importozameshenii* [Development of Automatic Control Systems in the Process of Import Substitution], Automation systems in education, science and manufacturing: Proceedings of X All-Russian scientific conference. Novokuznetsk, Publishing center of SibGIU, 2015. p. 7.
2. Web-site of «Steelaero», St. Petersburg, 2015, Available at: <http://www.steelaero.ru>, free access.
3. Web-site of Worldsteelassociation, Brussels, 2015, Available at: <http://www.worldsteel.org>, free access.
4. Mikov A.Yu., Logunova O.S., Markevich A.V. *Obosnovanie neobkhodimosti povysheniya tochnosti obnaruzheniya defektov na poverkhnosti holodnokatannogo lista* [Justification of Necessity to Improve Accuracy of Defects Detection on the Surface of Cold-rolled Sheet for Machine-building], Electrical engineering. Power engineering. Machine-building: collection of scientific papers of I International scientific conference of young scientists, Novosibirsk, Publishing center of NGTU, 2014, pp. 109-111.
5. Logunova O.S., Matsko I.I., Posochov I.A. Integrated system structure of intelligent management support of multistage metallurgical processes, Vestnik of Novosibirsk State Technical University, 2013, no.5 (45), pp. 50-55.
6. Logunova O.S., Matsko I.I., Posohov I.A., Lukyanov S.I. Automatic system for intelligent support of continuous cast billet production control processes, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2014, vol.74, no.9-12, pp. 1407-1418.
7. Logunova O.S., Parsunkin B.N., Suspitsyn V.G. *Avtomatizirovannaya otsenka kachestva nepreryvnolitoi zagotovki* [Automatic Quality Assessment of Concast Billet Quality], Steel, 2004, no.12, pp. 101-104.
8. Logunova O.S., Posokhov I.A. Classification method of sulfur print image based on characteristics of intensity histogram, Advances in Communication Technology and Systems Proceedings of the 2014 International Conference on Communication Technology and System (ICCTS 2014). Ser. "WIT Transactions on Information and Communication Technologies", 2014, pp. 20-29.
9. Matsko I.I., Belyavskiy A.B., Logunova O.S. *Sistema upravleniya v tekhnologicheskoi tsepoche proizvodstva nepreryvnolitoi zagotovki s ispolzovaniem avtomatizirovannoy otsenki kachestva* [Control System in Processing Chain of Concast Billet Using Automatic System of Quality Assessment], System software in industrial and social spheres, 2014, no.1(4), pp. 55-61.
10. Haralick R.M., Dinstein, Shanmugam K. Textural features for image classification, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 1973, November, vol. SMC-3, pp. 610-621.
11. Glumov, N.I., Miasnikov E.V. *Metod otbora informativnykh priznakov na tsifrovyykh izobrazheniyakh* [Informative Features Selection in Digital Images], Computer optics, 2007, vol.31, no.3, pp. 73-76.