

Процесс автоматизации интерпретации результатов исследований путем интеграции с лабораторным оборудованием Vitek2

¹*КАДИРКУЛОВ Куаныш Кайсарович, докторант, kkuanysh@gmail.com,

¹ИСМАИЛОВА Айсулу Абжаппаровна, PhD, и.о. ассоциированного профессора, a.ismailova@mail.ru,

¹Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, Казахстан, Нур-Султан, пр. Женис, 62,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Целью представленной работы является процесс автоматизации интерпретации результатов микробиологических исследований путем интеграции с лабораторным анализатором Vitek2. Система современного здравоохранения ставит перед клинической микробиологией задачу выбора адекватной тактики антибиотикотерапии, при условии максимально быстрого определения и реагирования. Решение такой актуальной проблемы лежит в автоматизации процессов на всех этапах микробиологических исследований, что позволит исключить субъективные и человеческие факторы, а также сократить время получения результатов, минимизировать участие человека и получить достоверные результаты. Интерпретация производится по микроорганизмам в комбинации с чувствительностью на антибиотики, и лабораторный анализатор автоматически производит вычисления результатов, с дальнейшей передачей данных в информационную систему, где производятся работы по построению матрицы результатов. Результатом работы является внедрение модуля в промышленную эксплуатацию в 2-х микробиологических лабораториях в г. Караганде (ТОО «GioTrade»), г. Актау (ТОО «Эталон MED»).

Ключевые слова: компьютерные технологии, цифровизация, информационные системы, автоматизация, ЛИС, интеграция, XML, SQL, интерпретация результатов, микробиологические исследования, антибиотико-чувствительность.

Введение

Микробиологические исследования в практике здравоохранения имеют особую роль и значение ввиду их особой актуальности при диагностике инфекционных заболеваний и социальной значимости для оценки опасности их распространения среди населения. Система современного здравоохранения ставит перед клинической микробиологией задачу выбора адекватной тактики антибиотикотерапии, при условии максимально быстрого определения и реагирования. Решение такой актуальной проблемы лежит в автоматизации процессов на всех этапах микробиологических исследований, что позволит исключить субъективные человеческие факторы, а также сократить время получения результатов, минимизировать участие человека и получить достоверные результаты. Государственная программа «Цифровой Казахстан», реализуемая в период с 2018 по 2022 гг., нацелена на повышение уровня жизни населения страны за счет использования цифровых технологий [1]. В рамках программы уделяется особое внимание на широкомасштабную реализацию электронного паспорта здоровья населения Республики Казахстан, где автома-

тизация лаборатории занимает немаловажную роль. В рамках программы «Цифровой Казахстан», а именно в части лабораторных анализов электронного паспорта здоровья населения необходимо осуществить комплексную автоматизацию рутинных процессов лаборатории с внедрением лабораторной информационной системы (далее - ЛИС), с помощью которой производится автоматизация процессов от регистрации до выдачи результатов.

Основной раздел

Целью работы является автоматизация интерпретации результатов микробиологических исследований путем интеграции с лабораторным анализатором Vitek2 [2]. Интеграция взаимодействия с анализатором осуществляется через BCI LINK (англ. bioMérieux Communication Interfaces – интерфейс коммуникации Биомерье) [3] с использованием обмена данных по протоколу TCP/IP в формате XML (англ. Extended Markup Language – расширенный язык разметки), а также международным протоколам HL7 (англ. Health Level 7 – «Седьмой уровень») [4], ASTM (англ. American Society for Testing and Materials – «Аме-

риканское общество по испытанию материалов») [5]. Представленное решение является программным модулем, разработанным для лабораторной информационной системы SmartLAB [6] (далее – ЛИС), который производит комплексную автоматизацию микробиологических лабораторий [7] в соответствии с ISO 15189:2012 (Международный стандарт по аккредитации медицинских лабораторий) [8], соблюдая все рабочие процессы для получения достоверных результатов путем непосредственного взаимодействия с лабораторным оборудованием и автоматического выявления отклонений от нормативных величин. Инновационная система анализатора содержит расширенную базу знаний по идентификации микроорганизмов и чувствительности к микроорганизмам. Для достижения поставленной цели была сформирована логическая модель в виде пошагового выполнения действий (рисунок 1).

Из представленной модели на рисунке 1 вытекают следующие задачи:

- Задача 1. Изучение технологии и разработка алгоритмов взаимодействия;
- Задача 2. Получение результатов в формате Vitek2;
- Задача 3. Автоматическая интерпретация полученных данных с Vitek2;
- Задача 4. Выдача результатов микробиологического исследования.

Задача 1. В данной задаче производилось изучение технической документации производителя лабораторного оборудования bioMérieux, формат и структура возвращаемых данных, протоколы взаимодействия. В результате проведенных работ было определено:

- взаимодействие с анализатором производится путем интеграции с программным моду-

лем BCI;

- BCI производит обмен данными в формате XML, CSV (англ. A comma-separated values – значения, разделенные запятыми), HL7, ASTM, где XML имеет более оптимальный формат для взаимодействия, так как имеет логическую структуру для обработки данных;

- настройки конфигурации системы обмена данными производятся путем активации режима BCI;

- структура данных XML содержит следующие основные тэги для получения данных: "<specimenIdentifier>, <value>, <result>, <antibiotic>, <identification>, <micValue>, <category>, <nonExpertCategory>";

- взаимодействие с анализатором производится по протоколу TCP/IP.

Задача 2. В данной задаче производилась работа по разработке программного модуля по получению и обработке полученных результатов. Для обработки полученных данных с анализатора и синхронизации используется следующая структура, которая предварительно настраивается в конфигурации ЛИС: ID заказа, хост коды микроорганизмов, хост коды антибиотиков, хост коды тестов, так как результаты по каждому тесту представляются в виде количественно-качественного значения (числовые и текстовые значения). В результате разработан программный модуль, работающий в фоновом режиме, с консольным интерфейсом (рисунок 2).

Задача 3. В данной задаче производится автоматическая интерпретация и построение матрицы результатов в соответствии с микроорганизмами и антибиотиками.

Табличное представление интерпретации производится с использованием динамически ге-



Рисунок 1 – Общая модель реализации решения

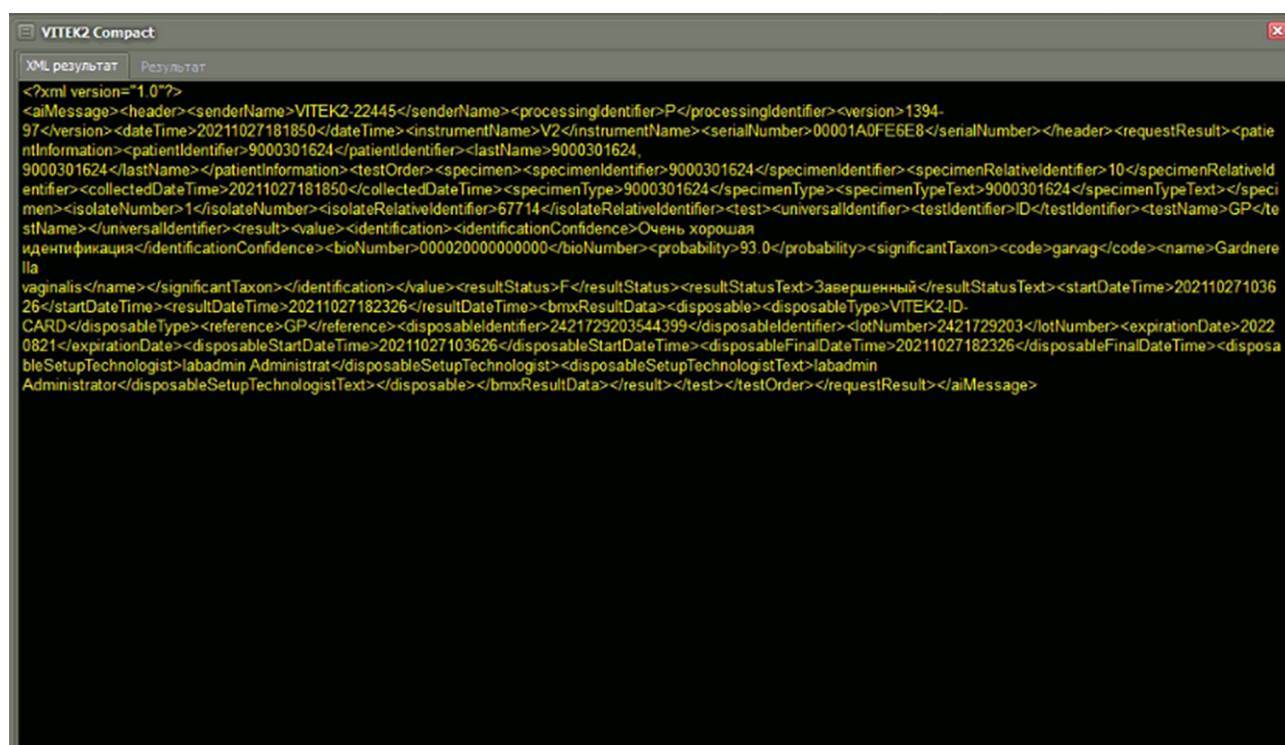


Рисунок 2 – Программный модуль по обработке результатов

ОБЩИЕ ДАННЫЕ

Номер пробы: 9000362302 Подразделение: КДЛ Биоматериал: Моча Статус пробы: В работе

Примечание:

Изменить Удалить Отправить на одобрение Отправить на одобрение ВСЕ Одобрить Одобрить все Отменить Отменить все Брак Печать

Код	Наименование теста	Значение	Ед. изм.	Замечание	Референсные значения	Статус	Дата и время выполнения	ФИО
МБ-900-1	Бактериологическое исследование на микрофлору	Выявлена	-	Патогенная и условно-патогенная	Сделана	06.11.2021 10:47:20		

ФИЛЬТР СТАТУСОВ

МИКРОБИОЛОГИЯ

ВЫЯВЛЕННЫЕ МИКРООРГАНИЗМЫ

Выбранные микроорганизмы: Выявленные микроорганизмы Все значения

Наименование	Код	Результат	Количество	Метод выполнения
Грибы рода Candida	0019	Выявлен	10 ⁵	Я и чувствительность ручным методом
Citrobacter freundii	0030	Выявлен		Я и чувствительность на анализ

Количество записей: 2

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ МИКРООРГАНИЗМОВ К АНТИБИОТИКАМ

Выбранные антибиотики: Выбранные антибиотики Все значения

Наименование	Грибы рода Candida	Citrobacter freundii
Наименование	Результат	Значение
АНАЛИЗАТОР VITEK2	Чувствителен	<=2
02. Ампицилин	Чувствителен	<=1
05. Гентамицин	Чувствителен	<=0,25
09. Меропенем	Чувствителен	0,5
14. Цефтазидим	Чувствителен	<=0,25
16. Ципрофлоксацин	Чувствителен	<=0,12
18. Цефепим	Чувствителен	<=0,25
23. Цефотаксим	Чувствителен	<=16
38. Фурадонин Нитрофурантоин	Чувствителен	<=1
Нетилин	Чувствителен	<=0,5
Тайгексацин	Чувствителен	<=20
Триметаприл/Сульфаметоксазол	Чувствителен	<=16
Фосфомицин	Чувствителен	<=0,12
Эртапенем	Чувствителен	

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСТОРИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ

Сохранить Отменить

Рисунок 3 – Форма представления интерпретации результатов

нерируемых данных с помощью языков программирования SQL и PHP. Генерация данных происходит в несколько этапов:

а) формирование выявленных микроорганиз-

мов (таблица 1),

б) формирование выявленных антибиотиков к каждому микроорганизму (таблица 2),

в) формирование набора сгенерированных

Таблица 1 – SQL код выборки микроорганизмов

```
$query="select lab_order_results_micro.lab_order_result_micro, lab_order_results_micro.lab_microorganism,
lab_microorganisms.code as name
from lab_order_results_micro inner join
    lab_microorganisms on lab_microorganisms.lab_microorganism=lab_order_results_micro.lab_microorganism
where lab_order_results_micro.lab_department=".$lab_department." and lab_order_results_micro.lab_
order=".$lab_order." and lab_order_results_micro.lab_biomaterial=".$lab_biomaterial;
$res=mysqli_query($db,$query);
```

Таблица 2 – SQL и PHP программный код выборки и формирования антибиотиков

```
//Формируем основные поля
while ($row = mysqli_fetch_array($res))
{$fields.="(select antb.micro_result_value from lab_orders_results_antb_values antb
where antb.lab_order_result_antb=lab_order_results_antb.lab_order_result_antb
and antb.lab_microorganism=".$row[1].") as KK".$row[1].",
(select micro_result_values.name from lab_orders_results_antb_values antb left join
micro_result_values on antb.micro_result_value=micro_result_values.micro_result_value
where antb.lab_order_result_antb=lab_order_results_antb.lab_order_result_antb
and antb.lab_microorganism=".$row[1].") as MT".$row[1].",
ifnull((select antb.digit_value from lab_orders_results_antb_values antb
where antb.lab_order_result_antb=lab_order_results_antb.lab_order_result_antb
and antb.lab_microorganism=".$row[1]."),) as DV".$row[1];
$fields1.=" ,null as KK".$row[1].", null as MT".$row[1].", null as DV".$row[1];
//Создаем XML структуру
fwrite($fp, "<s:AttributeType name='KK'".$row[1]."' rs:number='8' rs:basecolumn='KK'".$row[1]."'>
<s:datatype dt:type='int' dt:maxLength='4' rs:precision='10' rs:fixedlength='true' />
</s:AttributeType>
<s:AttributeType name='MT'".$row[1]."' rs:number='3' rs:basecolumn='MT'".$row[1]."'>
<s:datatype dt:type='string' dt:maxLength='100' />
</s:AttributeType>
<s:AttributeType name='DV'".$row[1]."' rs:number='4' rs:basecolumn='DV'".$row[1]."'>
<s:datatype dt:type='string' dt:maxLength='50' />
</s:AttributeType>".PHP_EOL);
//Создаем поля для выборки
fwrite($fpcolumns, ", \"KK'".$row[1]."\"");
fwrite($fpcolumns, ", \"MT'".$row[1]."\"");
fwrite($fpcolumns, ", \"DV'".$row[1]."\"");}
```

данных (таблица 3).

Задача 4. В данной задаче производится генерация бланка результата микробиологического исследования установленного образца в соответствии с интерпретируемыми данными, с применением технологии QR кодирования для верификации подлинности результатов лабораторных исследований [9].

В результате бланк результата микробиологического исследования выглядит следующим образом (рисунок 4).

Заключение

Представленная работа функционирует в виде

программного модуля в лабораторной информационной системе SmartLAB. На данный момент времени модуль апробирован и внедрен в двух микробиологических лабораториях для автоматизации процессов интерпретации результатов исследований.

Материалы, представленные в данной статье, являются результатом практического применения решений в сфере автоматизации лабораторной диагностики, а также демонстрационные данные являются обезличенными во избежание отражения персональных данных пациентов, которые защищаются законом о персональных данных [10].

Таблица 3 – SQL и PHP программный код формирования набора данных для отображения

```
//Таблица
$stable_name="(select distinct
-1*(lab_antibiotics_groups.lab_antibiotic_group) as lab_antibiotic, '' as antib_code, lab_antibiotics_groups.name as
antib_name, null as lab_order_result_antb, null as lab_department, null as lab_order, null as lab_antibiotic_group,
(case when lab_order_results_antb.lab_antibiotic_group is null then 0 else 1 end) as selected ".$fields1."
from lab_antibiotics_groups left join
lab_order_results_antb on lab_order_results_antb.lab_antibiotic_group=lab_antibiotics_groups.lab_antibiotic_
group and lab_order_results_antb.lab_department='".$lab_department.'" and
lab_order_results_antb.lab_order='".$lab_order.'" and
lab_order_results_antb.lab_biomaterial='".$lab_biomaterial.'"
union all
select distinct
lab_antibiotics.lab_antibiotic, lab_antibiotics.code as antib_code, lab_antibiotics.name as antib_name, lab_order_
results_antb.lab_order_result_antb, lab_order_results_antb.lab_department, lab_order_results_antb.lab_order,
-1*ifnull(lab_antibiotics_groups.lab_antibiotic_group,0) as lab_antibiotic_group,
(case when lab_order_results_antb.lab_order_result_antb is null then 0 else 1 end) as selected
".$fields1."
from lab_antibiotics_groups left join
lab_antibiotics_groups_members on lab_antibiotics_groups_members.lab_antibiotic_group=lab_antibiotics_
groups.lab_antibiotic_group left join lab_antibiotics on lab_antibiotics.lab_antibiotic=lab_antibiotics_groups_
members.lab_antibiotic left join
lab_order_results_antb on lab_order_results_antb.lab_antibiotic=lab_antibiotics.lab_antibiotic and lab_order_
results_antb.lab_department='".$lab_department.'" and
lab_order_results_antb.lab_order='".$lab_order.'" And lab_order_results_antb.lab_biomaterial='".$lab_biomaterial.'"
and lab_order_results_antb.lab_antibiotic_group=lab_antibiotics_groups.lab_antibiotic_group
)lab_order_results_antb order by antib_name";
```

Казахстан Республикасы
Денсаулық сақтау министрлігі
Министрство здравоохранения
Республики Казахстан

ЭТАЛОН
АНТИБИОТИКТИҢ ҚЫСҚА
АНАЛИЗІН АЛҒАН

Қазақстан Республикасы Денсаулық сақтау министрлігінің
м.а. 2020 жылғы "30" қазандығы ҚР ДСМ-175/2020
бұйрығымен белгіленген №0906
нақсасы медициналық құжаттағы

Медицинская документация. Форма №0906/у Приказ и.о.
Министра здравоохранения Республики Казахстан
№175/2020 от 30 октября 2020 года

МИКРОБИОЛОГИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕСІ
РЕЗУЛЬТАТ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Тегі А.Ж. | Ф.И.О. [] № 10095624

Туған күні | Дата рождения 22.02.2020 Жынысы | Пол Ж ЖСН/ИНН []

Мекенжайы | Адрес []

Ұйым атауы | Организация ГП на ПХВ "Мангистауская областная многопрофильная детская больница" УЗ МО

Белгі | Подразделение [] Дәрігер | Врач []

Биоматериалдың алу мерзімі | 15.10.2021 Нәтижені қалыптастыру мерзімі | 18.10.2021 20:14

Дата и время взятия биоматериала

Холдағыны тасу мерзімі | 15.10.2021 17:39 Зерттеудің материал | Қоры

Дата и время регистрации заявки

Асырылған микроорганизм атауы
Наименование выделенного микроорганизма

Staphylococcus hominis ssp hominis 10'5
Идентификация и чувствительность на анализаторе
Дополнительно ручной диско-диффузионный метод.

Антибиотиктер атауы Наименование антибиотиков	Код АТХ	Микроорганизмдердің сезімталдығы/Чувствительность микроорганизмов			
		МИК, мкг/мл	Сезімтал Чувствителен	Нық есес Малочувствительный	Нық, Устойчив
Оксациллин	J01CF04	>=4	+		+
Гентамицин	J01GB03	<=0.5	+		
Ципрофлоксацин	J01MA02	<=0.5	+		
Левифлоксацин	J01MA12	<=0.12	+		
Моксифлоксацин	J01MA14	<=0.25	+		
Эритромицин	J01FA01	>=8			+
Клиндамицин	J01FF01	>=4			+
Линезолид	J01XX08	2	+		
Датомидин	J01XX09	2			+
Ванкомицин	J01XA01	<=0.5	+		
Миноциклин	J01AA08	<=0.5	+		
Тетрациклин	J01AA07	>=16			+
Тигециклин	J01AA12	<=0.12	+		
Триметоприм / Сульфаметоксозол	J01EE01	40	+		
Линкомицин	J01FF02				+
Цефепим	J01DE01				+
Цефоперазон/Сульбактам	J01DD62				+
Цефтазидим	J01DD02				+
Цефтриаксон	J01DD04				+
Цефуроксим	J01DC02				+
Ванкомицин	J01XA01		+		
Кол-тримоксозол	J01EE01		+		
Линезолид	J01XX08		+		
Моксифлоксацин	J01MA14		+		
Хлорамфеникол	J01BA01		+		
Ципрофлоксацин	J01MA02		+		

Антибиотик	Ж01GB06		+			
Амоксициллин+Клавуланат кислота	J01CR02		+			
Гентамицин	J01GB03		+			
Дорипенем	J01DN04		+			
Имипенем	J01DN51		+			
Офлоксацин	J01MA01		+			
Тикарциллин+Клавуланат	J01CR03		+			
Тобрамицин	J01GB01		+			
Эргаленем	J01DN03		+			

ПРИМЕЧАНИЕ: ММК - минимальная ингибирующая концентрация, выполнена на биоанализаторе

(+) - тестирование чувствительности к антибиотикам не рекомендуется, штамм не подходит для терапии.
E (ND) - недостаточно показателем роста, что штамм подходит для терапии, ММК может быть изменена в отчет без интерпретации.

Тапсудың орындалуы жайлы ақпарат / Информация об исполнении исследования

Нәтижені қалыптастыру мерзімі | 18.10.2021 20:14 Орындаушы | Досенова Жанар Есубаевна

Дата и время готовности результата

Нәтиженің сенімділігі QR код арқылы расталады.
Достоверность полученного результата подтверждается QR-кодом.

Рисунок 4 – Бланк результата микробиологического исследования

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственная программа «Цифровой Казахстан». О программе: [Электронный ресурс] // Официальный интернет-ресурс Государственной программы «Цифровой Казахстан». Н., 2018-2019. URL: <https://digital.kz/o-programme/>
2. Микробиологический анализатор Vitek2 (bioMérieux, США): [Электронный ресурс]. 2021. URL: <https://www.biomérieux-usa.com/vitek-2>.
3. BCI Connectivity Service Manual. LIS Interface Driver Development Guide. – bioMérieux.: bioMérieux SA., 2016. – 141 с.
4. Health Level Seven International: [Электронный ресурс]. 2013-2021. URL: https://wiki.hl7.org/Main_Page
5. International Association for Testing Materials: [Электронный ресурс]. 2001-2021. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/ASTM_International.
6. ТОО «SmartLab Kazakhstan»: [Электронный ресурс]. А., 2015-2021. URL: <http://lis.kz>
7. Микробиология: [Электронный ресурс]. 2021. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Микробиология>
8. ISO 15189 Medical laboratory accreditation: [Электронный ресурс]. 2020. URL: <https://anab.ansi.org/iso-15189-medical-labs>
9. K. Kadirkulov, A. Ismailova, A. Beissegul, A. Satybaldiyeva. QR verification of laboratory studies results, 2021. News of the national academy of sciences of the Republic of Kazakhstan, physico-mathematical series, ISSN 1991-346X, Volume 2, Number 336 (2021), pp. 96-101.
10. Закон Республики Казахстан от 21 мая 2013 года № 94-V «О персональных данных и их защите» (с изменениями и дополнениями по состоянию на 03.07.2020 г.): [Электронный ресурс] // Официальный интернет-ресурс zakon.kz, А., 2020, URL: https://online.zakon.kz/document/?doc_id=31396226

Vitek2 зертханалық жабдығымен интеграциялау арқылы зерттеу нәтижелерін интерпретациялауды автоматтандыру процесі

¹*КАДИРКУЛОВ Куаныш Кайсарович, докторант, kkuanysh@gmail.com,

¹ИСМАИЛОВА Айсулу Абжаппаровна, PhD, қауымдастырылған профессор м.а., a.ismailova@mail.ru,

¹С. Сейфуллин атындағы қазақ агротехникалық университеті, Қазақстан, Нұр-Сұлтан, Жеңіс даңғылы, 62,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Жұмыстың мақсаты – Vitek2 зертханалық анализаторымен интеграциялау арқылы микробиологиялық зерттеулер нәтижелерін талдауды автоматтандыру процесі. Заманауи денсаулық сақтау жүйесі клиникалық микробиологияға антибиотикалық терапияның адекватты тактикасын таңдау міндетін қояды, яғни жылдам анықтау мен тиісті нәтиже беру. Мұндай өзекті мәселенің шешімі микробиологиялық зерттеулердің барлық кезеңдеріндегі процестерді автоматтандыруда жатыр, ол субъективті және адами факторларды жояды, сонымен қатар нәтиже алу уақытын қысқартады, адамның қатысуын барынша азайтады және сенімді нәтижелерге қол жеткізеді. Талдау микроорганизмдердің антибиотиктерге сезімталдықпен үйлестіре отырып орындалады және зертханалық анализатор нәтижелерді автоматты түрде есептей отыра, мәліметтерді ақпараттық жүйеге жіберу арқылы нәтижелердің матрицасы құрылады. Жұмыстың нәтижесі ретінде Қарағанды қ. (GioTrade ЖШС) мен Ақтау қ. («Эталон МЕД» ЖШС) микробиологиялық зертханаларда пайдалануға алынуын есептеуге болады.

Кілт сөздер: компьютерлік технологиялар, цифрландыру, ақпараттық жүйелер, автоматтандыру, LIS, интеграция, XML, SQL, нәтижелерді интерпретациялау, микробиологиялық зерттеулер, антибиотиктерге сезімталдық.

The Process of Automating the Interpretation of test Results by Integrating with Vitek2 Laboratory Equipment

¹*KADIRKULOV Kuanysh, doctoral student, kkuanysh@gmail.com,

¹ISMAILOVA Aisulu, PhD, Acting Associate Professor, a.ismailova@mail.ru,

¹S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Kazakhstan, Nur-Sultan, Zhenis Avenue, 62,

*corresponding author.

Abstract. The aim of the presented work is the process of automating the interpretation of the results of microbiological studies by integrating with the laboratory analyzer Vitek2. The system of modern health care sets before clinical microbiology the task of choosing an adequate tactic of antibiotic therapy, subject to the fastest possible determination and response. The solution to such an urgent problem lies in the automation of processes at all stages of microbiological research, which will eliminate subjective and human factors, as well as reduce the time for obtaining results, minimize human participation and obtain reliable results. In combination with antibiotic sensitivity, interpretation is performed by microorganisms, and the laboratory analyzer automatically calculates the results, with further data transfer to the information system, where work is carried out to build a matrix of results. The result of the work is the implementation of the module in two microbiological laboratories in Karaganda (GioTrade LLP) and Aktau (Etalon MED LLP).

Keywords: computer science, digitalization, information systems, automation, LIS, integration, XML, SQL, interpretation of results, microbiological studies, antibiotic sensitivity.

REFERENCES

1. Gosudarstvennaja programma «Cifrovoj Kazakhstan». O programme: [State program «Digital Kazakhstan»]. Official'nyj internet-resurs Gosudarstvennoj programmy «Cifrovoj Kazakhstan» [Official Internet resource of the State Program «Digital Kazakhstan»]. N., 2018-2019. URL: <https://digitalkz.kz/o-programme/>
2. Mikrobiologicheskij analizator Vitek2 (bioMérieux, SShA) [Microbiological analyzer Vitek2 (bioMérieux, USA)]: 2021. URL: <https://www.biomerieux-usa.com/vitek-2>.
3. BCI Connectivity Service Manual. LIS Interface Driver Development Guide. - bioMérieux.: bioMérieux SA., 2016. – 141 p.
4. Health Level Seven International: [Электронный ресурс]. 2013-2021. URL: https://wiki.hl7.org/Main_Page
5. International Association for Testing Materials: [Электронный ресурс]. 2001-2021. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/ASTM_International.
6. TOO «SmartLab Kazakhstan»: [Электронный ресурс]. A., 2015-2021. URL: <http://lis.kz>
7. Mikrobiologija [Microbiology]: 2021. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Микробиология>
8. ISO 15189 Medical laboratory accreditation: [Электронный ресурс]. 2020. URL: <https://anab.ansi.org/iso-15189-medical-labs>
9. K. Kadirkulov, A. Ismailova, A. Beissegul, A. Satybaldiyeva. QR verification of laboratory studies results, 2021. News of the national academy of sciences of the Republic of Kazakhstan, physico-mathematical series, ISSN 1991-346X, Volume 2, Number 336 (2021), pp. 96-101.
10. Zakon Respubliki Kazakhstan ot 21 maja 2013 goda no. 94-V «O personal'nyh dannyh i ih zashhite» (s izmenenijami i dopolnenijami po sostojaniju na 03.07.2020 g.) [Law of the Republic of Kazakhstan dated May 21, 2013 no. 94-V «On personal data and their protection» (with amendments and additions as of 03.07.2020)]: A., 2020, URL: https://online.zakon.kz/document/?doc_id=31396226