المعلوماتيــة الحيــوية

د. طارق بن عبد الله الشدي

شهدت السنوات العشرون الماضية ثورة كبيرة في وسائل التقنية الحيوية، مما أدى إلى توفر كمية هائلة من المعلومات حول تراكيب ووظائف المكونات الحيوية الدقيقة وخاصة الحامض النووي منقوص الأكسجين (DNA)، والبروتين، وقد تمثلت هذه المعلومات بشكل رئيس في سلاسل الأحماض النووية (DNA-RNA) والأمينية و الخرائط الوراثية (الجينوم) للكائنات الحية والتراكيب ثلاثية الأبعاد للبروتين. وطبقاً لنشرة بنك المورثات، يونيو ٢٠٠٩م، التابع للمركز الوطني لمعلومات التقنيات الحيوية في ميريلاند بالولايات المتحدة الأمريكية، فقد بلغ عدد محتويات البنك ما يقارب من ١٠٦ مليون سلسلة تحتوي على أكثر من ١٠٥ مليار قاعدة حمض نووي (Nucleotide) .

تُعرف المعلوماتية الحيوية (Bioinformatics) بأنها العلم الذي يهتم بالبحث والتنقيب في البيانات الموجودة في أجزاء نظام الكائن الحي والعمليات المختلفة التي تتم فيه، مستخدماً علوم الحاسب الآلي، والهندسة، والرياضيات، والإحصاء ، وغيرها، وذلك لإدارة البيانات الحيوية، وإظهارها على هيئة أشكال توضيحية، وتحليل البيانات لاكتشاف أنماط جديدة، وبناء الفرضيات، والنماذج، فضلاً عن بناء قواعد البيانات وإدارتها ، وتطوير البرمجيات والخوارزميات، وتطوير نماذج المحاكاة ، والتحليل الكمي. ويهدف البحث في هذا الكم الهائل من المعلومات إلى الوصول إلى الأسرار التي أودعها الخالق في صفاتنا الوراثية، وفهم أعمق لكيفية تفاعل هذه المكونات داخل وخارج خلية الكائن الحي في مختلف الظروف التي تواجهه في حالة الصحة والمرض.

ظهر علم المعلوماتية الحيوية - في بداياته - كخليط من علمي الأحياء، والحاسب الآلي ممثلاً في علم قواعد البيانات، وذلك لحفظ واسترجاع البيانات الناتجة من تجارب التقنيات الحيوية. ولقد حفزت قواعد البيانات - بما وفرته من مادة خام - الباحثين من المختصين في المجالات الأخرى كالإحصاء، والرياضيات، والذكاء الإصطناعي، والاحتمالات للقيام بأبحاث للاستفادة مما وصلت إليه هذه العلوم من طرق وأساليب للدراسة والبحث في هذه المعلومات الحيوية. ومن هنا أصبح علم المعلوماتية الحيوية خليطاً من كل هذه العلوم جميعاً، مما فتح المجال أمام الباحثين لتبني أساليب جديدة متطورة للبحث في تراكيبنا الوراثية، ووفر طرقاً لفهم الأمراض ومسبباتها، ومراحل تطورها، ومن ثم القدرة على تشخيصها، وتصميم طرق العلاج المناسبة لها.

تطور المعلوماتية الحيوية

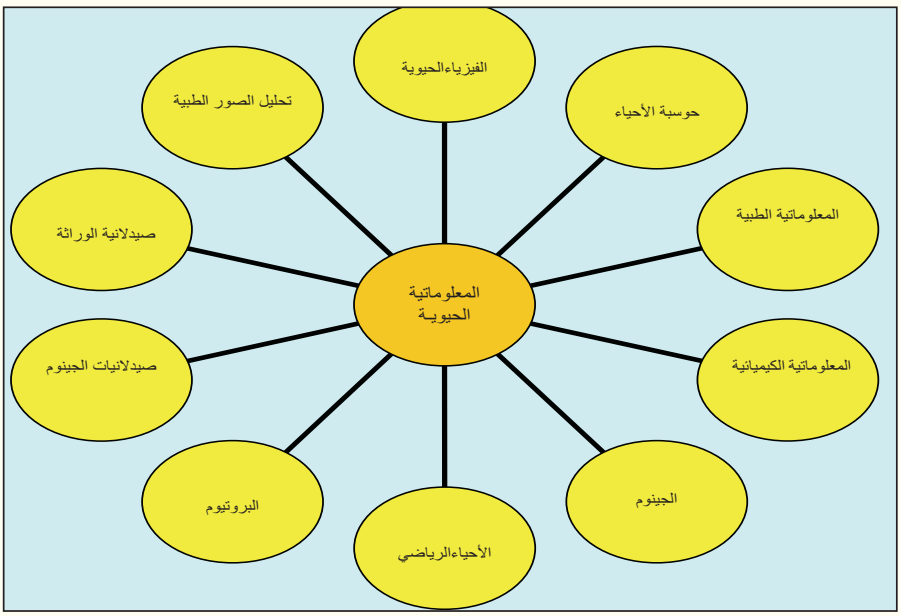
تطور علم المعلوماتية الحيوية منذ بدايته حتى الآن من خلال عدة إنجازات أهمها ما يلي:

- في عام ١٩٥١م ، تم تحديد تركيب alpha-helix and beta-sheet للبروتينات.
- في عام ١٩٥٣م ، تم تحديد تركيب الدنا (DNA) من صور الأشعة السينية بواسطة **واطسون وكريك**.
- في عام ١٩٥٥م ، تم نشر أول سلسلة لبروتين (الأنسولين من العجل).
- في عام ١٩٦٥م ، تم نشر أول أطلس لسلاسل البروتين بواسطة Mrgaret Dayhoff .
- في عام ١٩٦٩م ، تم إطلاق ARPANET لربط جامعتي ستانفورد وبيركلي.

- في عام ١٩٧٠م ، تم نشر خوارزمية (Needleman-Wunsch) لمقارنة السلاسل.
- في عام ١٩٧٣م ، تم إنشاء بنك البروتينات (The Brookhaven Protein Data Bank) الخاص بتركيبها الثلاثي من واقع التصوير.
- في عام ١٩٨٠م ، تم نشر سلسلة أول مورث كامل من (FX174)، مكوناً من ٥٣٨٦ قاعدة حمض نووي تمثل ٩ بروتينات.
- في عام ١٩٨١م ، تم نشر خوارزمية (Smith-Waterman) لمقارنة السلاسل.
- في عام ١٩٨٢م ، تم نشر النسخة الثالثة من بنك المورثات مع توفيرها للباحثين.
- في عام ١٩٨٨م ، تم إنشاء المركز الوطني لمعلومات التقنيات الحيوية (NCBI) بأمريكا تحت مظلة المعهد القومي للسرطان.
- في عام ١٩٨٨م ، تم بدء العمل بمبادرة الجينوم البشري.
- في عام ١٩٩٠م ، تم العمل ببرنامج (BLAST) الخاص بالبحث والمقارنة في قواعد بيانات سلاسل الـ DNA والبروتين.
- في عام ١٩٩٥م ، تم اكتمال سلسلة أول جينوم لبكتيريا والتعرف عليها.
- في عام ١٩٩٦م ، تم إنتاج شركة (Affymetrix) لأول شرائح المصفوفات الدقيقة التجارية .
- في عام ١٩٩٧م ، تم اكتمال سلسلة جينوم (KE. coli) المحتوية على ٤,٧ مليون قاعدة.
- في عام ٢٠٠١م ، تم الانتهاء من الجينوم البشري محتوياً على ٣٠٠٠ مليون قاعدة.
- في عام ٢٠٠٢م ، تم نشر الجينوم الكامل للفأر المنزلي.

المعلوماتية الحيوية و العلوم

هناك مجموعة من العلوم ذات العلاقة الوثيقة بالمعلوماتية الحيوية أهمها ما يلي:



■ العلوم الحيوية ذات العلاقة بالمعلوماتية الحيوية

١- **الفيزياء الحيوية (Biophysics)**: وتستخدم لفهم التراكيب والوظائف الإحيائية .

٢- **حوسبة الأحياء (Computational of Biology)**: وتستخدم لدراسة العمليات الأحيائية المعقدة من خلال تقنيات ذكاء الآلة، والخوارزميات .

٣- **المعلوماتية الطبية (Medical Informatics)** : ويستفاد منها في فهم المعلومات الطبية وإدارتها وإجراء البحوث العلمية عليها.

٤- **المعلوماتية الكيميائية (Cheminformatics)** : وتستعمل في اكتشاف وتطوير العقاقير الطبية.

٥- **المورثات (Genomics)** : وتستخدم لدراسة أو تحليل أو مقارنة كامل المورث، أو مقارنة أنواع مختلفة من المورثات.

٦- **الأحيائية الرياضية (Mathematical Biology)** : ويتم فيها استخدام النظريات الرياضية لفهم العمليات البيولوجية، وغالباً ما تستخدم في النمذجة.

٧- **البروتيوم (Proteomics)**: ويهتم بدراسة البروتينات الناتجة من المورثات، وتراكيبها وتفاعلها بعضها مع بعض.

٨- **صيدلانيات المورث (Pharmacogenomics)**: وتُطبق منهجيات وتقنيات المورث من أجل اكتشاف العقاقير.

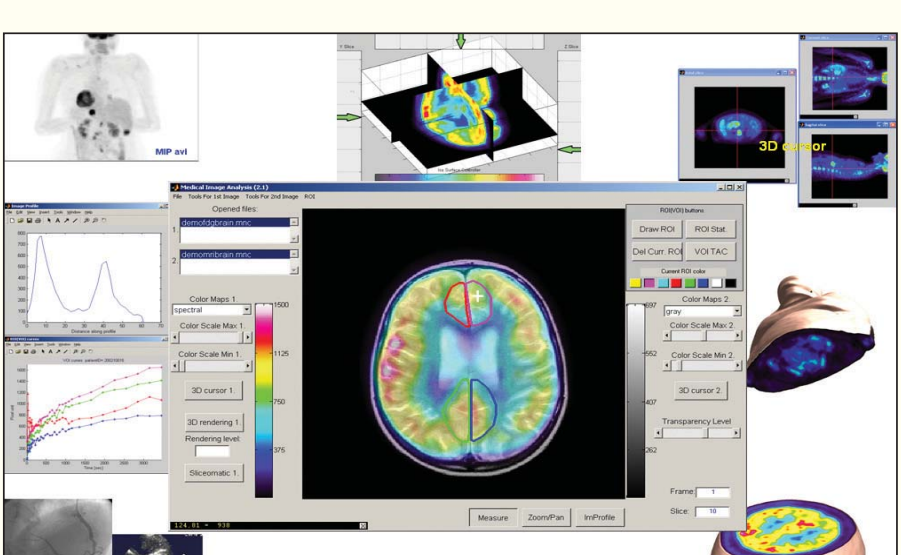
٩- **صيدلانية الوراثة (Pharmacogenetics)**: وتستخدم لتحديد أسباب الاختلاف الوراثي بين الأفراد من حيث استجابتهم للأدوية، فبعضهم يستجيب إيجابياً والآخر سلبياً.

١٠- **تحليل الصور الطبية (Medical Imaging Analysis)**: ويهتم بتحليل الصور وفقاً للمعلومات الطبية وحالة المريض.

مجالات الأبحاث في المعلوماتية الحيوية

يقوم الباحثون المهتمون بالمعلوماتية الحيوية بالعمل على إجراء الدراسات والأبحاث على العديد من التطبيقات التي يتطلبها هذا المجال، ومنها ما يلي:

١- **تصميم قواعد البيانات البيولوجية الأحادية والتجميعية**: وفيها يقوم الباحث بتصميم قواعد بيانات أحادية وفقاً للاحتياجات البحثية، مثل



■ تحليل الصور الطبية بواسطة أحد البرمجيات الحاسوبية.

قواعد بيانات المصفوفات الدقيقة ، كما يمكنه تصميم قواعد بيانات أخرى قادرة على تجميع المعلومات من قواعد بيانات مختلفة (تجميعية) في المكونات أو التراكيب. ويركز الباحثون حالياً على استخلاص البيانات من قواعد البيانات غير المنظمة (Unstructured) بحيث يمكن للباحثين الآخرين من البحث فيها بسهولة.

٢- تصميم قواعد بيانات التراكيب الجزيئية (Structural Databases): وتعد ذات أهمية كبيرة خاصة للباحثين في مجالات العقاقير الطبية، حيث يقوم الباحثون في المعلوماتية الحيوية بتصميم قواعد بيانات قادرة على تخزين واسترجاع البيانات ، ومن أمثلة ذلك قاعدة بيانات البروتين (PDB) .

٣- بناء خوارزميات التنقيب في أدبيات العلوم الحيوية لاستخلاص المعلومات (Text Mining): حيث تزخر قواعد بيانات البحوث الحيوية بآلاف الأبحاث التي تحتوي على العديد من المعلومات المهمة للباحثين ، إلا أن عملية البحث في هذا الكم الهائل من البحوث تستغرق الكثير من الوقت والجهد، ولذا يقوم المتخصصون في المعلوماتية الحيوية بتوفير خوارزميات تسهل هذه العملية، وذلك باستخدام تقنيات تعتمد - في الغالب - على تقنيات التوسيم (Tagging).

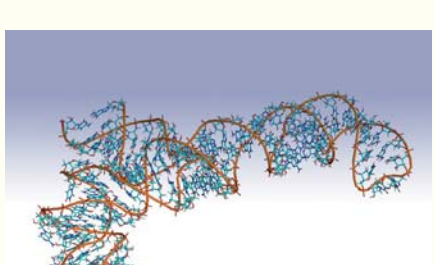
٤- تصميم خوارزميات تصنيف المعلومات الأحيائية: حيث يعد التصنيف أحد الأبواب الرئيسية في التنقيب عن البيانات (Data Mining) في المعلومات الحيوية. وهناك عدة تقنيات تستخدم للتنقيب يعتمد بعضها على الأساليب الإحصائية و البعض الآخر على ما يسمى بتعليم الآلة (Machine Learning) . ويلعب التصنيف دوراً رئيسياً في الأبحاث خصوصاً الطبية منها لما يترتب على التصنيف الدقيق من اختلاف في الأساليب العلاجية، وتصميم العقاقير، ومقدار جرعاتها، لذا يهتم باحثوا المعلوماتية الحيوية بإيجاد خوارزميات دقيقة لهذا التصنيف.

٥- تصميم خوارزميات فعّالة لاسترجاع المعلومات من قواعد البيانات الحيوية: حيث أن الوصول إلى المعلومات المناسبة في الوقت المناسب يعد من أهم وسائل إجراء البحوث حتى يستثمر الباحث وقته في التركيز على المعلومات المستهدفة دون غيرها. ويُسهم الباحثون في توفير مثل هذه الخوارزميات للعلماء والباحثين.

٦- تصميم واجهات سهلة الاستخدام للوصول إلى مصادر المعلومات: وذلك لأن معظم العاملين في المجالات الحيوية من علماء وباحثين وفنيين ذوي مهارات فنية محدودة في البحث في قواعد البيانات، ولذا يقوم الباحثون في المعلوماتية الحيوية بتوفير واجهات سهلة الاستخدام لهؤلاء المستخدمين.

٧- تطوير واجهات أشكال توضيحية (رسومية) لتصور الجزيئات في حالتها الطبيعية (Visualization Tools): حيث يهتم الكثير من الباحثين بملاحظة حركة الجزيئات، ومدى تأثرها بإدخال عناصر عليها، ويقوم الباحثون في المعلوماتية الحيوية بتطوير مثل هذه التطبيقات التي تعتمد على الكثير من القواعد الفيزيائية والرياضية بالإضافة إلى الإلمام بالتطبيقات الرسومية.

٨- الربط بين مختلف مصادر المعلومات كقواعد البيانات الموزعة وأجهزة التقنيات الحيوية: حيث تنتج أجهزة التقنيات الحيوية كالمسلسلات (Sequencers) ، وأجهزة المصفوفات المجهرية (Microarrays) و غيرها من الأجهزة كمية هائلة من المعلومات، ولذا كان من الأهمية ربط



■ تركيب الحمض النووي DNA بالأبعاد الثلاثية عن طريق أحد البرمجيات الحاسوبية.

هذه الأجهزة بقواعد البيانات المناسبة بحيث تصب هذه المعلومات مباشرة في مواقعها.

٩- تطوير أساليب جديدة لتحليل البيانات الحيوية: وتزخر علوم الرياضيات والإحصاء والتنقيب عن البيانات بالعديد من الخوارزميات المفيدة في تحليل البيانات، ويقوم الباحثون في المعلوماتية الحيوية بإسقاط مثل هذه الخوارزميات وتعديلها لاستخدامها في تحليل البيانات الحيوية.

١٠- تطوير خوارزميات التنبؤ: وتعد المؤشرات الحيوية من أهم الوسائل التي يتبعها العاملون في الحقل الطبي والمختبرات الطبية للتعرف على مدى احتمال أن يكون شخصاً حاملاً لمرض ما. بل يتعدى ذلك إلى التنبؤ باحتمالية تطوير شخصاً ما لمرض معين كالسرطان بأنواعه المختلفة وفقاً لهذه المؤشرات. ويعمل باحثو المعلومات الحيوية على تطوير مثل هذه الأدوات المساعدة، بما تحويه من خوارزميات يكون الهدف منها المساعدة في التشخيص الدقيق .

١١- تصميم وبناء قواعد بيانات المسارات الحيوية (Pathways Databases): ويُعد التفاعل بين البروتينات (Protein-Protein Interaction) من أهم المعلومات التي يحتاجها الباحثون، خصوصاً في مجال إنتاج العقاقير القادرة على التحكم في هذه المسارات، ويقوم المختصون في المعلوماتية الحيوية بتصميم قواعد بيانات تحفظ مثل هذه المعلومات بشكل منظم ، وواجهات رسومية لإظهارها، بالإضافة إلى استخدام أساليب إحصائية ورياضية كنظرية الرسوم (Graph Theory) لإنتاج مثل هذه المسارات.

١٢- تصميم وإجراء تجارب المحاكاة الحيوية (Bimolecular Simulation) : نظراً لأن تطور بعض الأمراض لدى الإنسان. مثل مرض الزهايمر. يستغرق سنوات عديدة؛ فإن باحثوا المعلوماتية الحيوية يساهمون في تصميم تجارب محاكاة تحتوي على العديد من المعادلات الرياضية والفيزيائية المعقدة تحاكي الواقع، مما يعطي الباحث نظرة إلى داخل نظام الكائن الحي وما يحدث فيه عبر السنين في ساعات أو أيام معدودة. وتحتاج مثل هذه التجارب إلى الكثير من عمليات الضبط والتحكم، حيث تنتج كمية هائلة من المعلومات التي يُخضعها الباحث للتحليل. كما يتم تصميم وتنفيذ مثل هذه التجارب بكثافة في عمليات إنتاج العقاقير الطبية لدى شركات الأدوية خصوصاً العملاقة منها.

١٣- تصميم وبناء شبكات المشاركة في الحوسبة الأحيائية (Computational Biology Grids): تتطور البرمجيات بتسارع أكبر من إمكانيات الأجهزة او المكونات المادية، وبالتالي فإن بعض التطبيقات تتطلب إمكانيات لا تستطيع مراكز الأبحاث توفيرها، لأسباب اقتصادية لمحدودية استخدامها، لذا كان من المفيد الاستفادة من إمكانيات مراكز الأبحاث الأخرى عن طريق بناء شبكات تواصل عبر الإنترنت، بحيث يمكن الاستفادة من الأساليب البرمجية الحديثة كالبرمجة المتوازية (Parallel Programming) والأجهزة الافتراضية (Virtual Machines) بحيث يمكن توزيع تنفيذ المهام على أكثر من جهاز، وتتبادل هذه الأجهزة المعلومات بشكل لحظي وكأنها تعمل على جهاز واحد مما يعظم الإمكانيات المادية.

مراكز المعلومات الحيوية

تقدم مراكز المعلوماتية الحيوية أربعة أنواع رئيسة من الخدمات للمراكز الطبية والحيوية هي:

١- الوصول السريع لقواعد البيانات المختلفة، سواء كانت مجانية، أو تتطلب الاشتراك للوصول إلى خدماتها. ومن أمثلتها، قواعد بيانات سلاسل الدنا (DNA)، وسلاسل البروتين، والتركيب ثلاثي الأبعاد للبروتين، وقواعد بيانات الإختلالات الوراثية المسببة للأمراض، وغيرها الكثير من مستودعات المعلومات.

٢- توفير الأدوات وبرامج الحاسب الآلي لمساعدة الباحثين للوصول إلى معلومات معينة، أو لإجراء عمليات تحليل للبيانات الناتجة عن التجارب، سواء كانت هذه البرامج مجانية توفرها مراكز البحث العلمي للعاملين، أو عن طريق شراء حقوق الاستخدام.

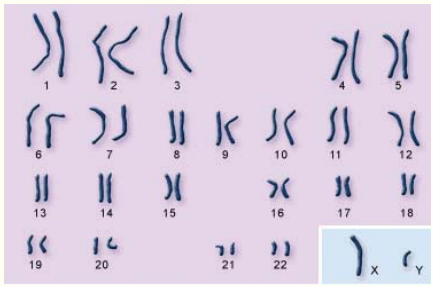
٣- تصميم أدوات لمساعدة الباحثين على إجراء تحليل المعلومات، أو تصميم قواعد بيانات خاصة بهذه المراكز الطبية لتخزين معلوماتهم كمعلومات سلاسل الدنا (DNA) المختلفة للمورثات المسببة للأمراض في بلد ما.

٤- المساهمة في تصميم التجارب العلمية بمختلف أنواعها، مما يسهم في تحليل نتائج هذه التجارب بشكل احترافي مهني.

المعلوماتية الحيوية في المملكة العربية السعودية

يعد وجود مراكز للمعلوماتية الحيوية بالمملكة خطوة إيجابية لدعم التوجه التقني للمملكة، وسوف يجني المجتمع الطبي ومجتمع التقنية الحيوية والصناعات الدوائية في المملكة ثماراً إيجابية من هذه المراكز. وقد بدأت المنظمات الحكومية والخاصة تدرك أهمية مثل هذه المراكز وسوف تتجه قريباً لإنشاء مراكز مماثلة. كما أن مثل هذه المراكز سوف توفر آلاف الفرص البحثية أمام الباحثين في المجالات المختلفة، وستعطي الباحثين الفرصة نحو توجيه بحوثهم لهذا المجال البكر في المملكة.

تمتلك المملكة العربية السعودية فرصة ذهبية نحو الريادة في مجال التقنيات الحيوية ومعلوماتها نظراً لعدد من المقومات يأتي الجانب الاقتصادي على رأسها، كما أن المجتمع السعودي يملك ثروة وراثية لم ينقب عنها بعد، مما يوفر الفرص الاقتصادية أمام العاملين في مجال الطب والصيدلة، خصوصاً وأن العالم يتجه



■ تحديد المورثات ضمن مشروع الجينوم البشري.

الآن نحو الطب الشخصي وفقاً للخريطة الوراثية للشخص. إن انطلاق المملكة نحو الريادة الشرق أوسطية في مجال التقنية الحيوية ومعلوماتها يجب أن يخطط له بعناية، مع الأخذ في الاعتبار بأن التأسيس الجيد لمقومات المعلوماتية الحيوية يعد عنصراً أساساً في هذه الريادة إن كان لها أن تكون، وسوف تسهم هذه المراكز في لحاقنا بالركب المعرفي. حديث النشأة في هذا المجال. عن طريق توفير التعليم والتدريب وإجراء البحوث ودعمها وتوفير الأدوات المساندة للبحث العلمي.

تحتاج المملكة في الوقت الحاضر إلى دعم تكوين مجتمع التقنية الحيوية ومعلوماتها من خلال تصميم وتبني إنشاء عدد من البرامج الداعمة لهذه الاستراتيجية، والعمل على توفير مجموعات بحثية في مجال التقنية الحيوية والمعلوماتية في القطاعات الحكومية والخاصة تتعاون مع بعضها وتتبادل المعلومات من خلال هذه المراكز. كما أن وجود هذه المراكز سوف يكون أساسياً من أجل المساهمة في التسريع من الاكتشافات العلمية في مجالات الأمراض الوراثية في المملكة العربية السعودية، من خلال توفير أحدث الأدوات البحثية، كالبرمجيات ومصادر المعلومات كالمجلات العلمية. والأهم من ذلك هو العمل على بناء قواعد بيانات تمكن الباحثين في المملكة من المشاركة، وتبادل المعلومات، وربط المختصين وعلماء الحاسب الآلي مع علماء الأحياء وأساتذة الطب. والعمل على دراسة الخرائط الوراثية لمسببات الأمراض المستوطنة في المملكة كحمى الضنك، وحمى الوادي المتصدع، وعمل مقارنات بالخرائط الوراثية المتوفرة في قواعد البيانات العالمية. والتعاون مع شركات الدواء المحلية والعالمية في محاولة للوصول إلى أدوية مضادة.

من غير المتوقع أن تسهم صناعة التقنية الحيوية ومعلوماتها في المملكة بأي قيمة مضافة لما هو موجود عالمياً في الوقت الحاضر، وإنما سيكون الهدف هو التأسيس لهذه الصناعات وتأهيل الأفراد القادرين على التعامل مع هذه التقنية، وستكون عوامل نجاح هذه التقنية في المملكة مستقبلاً مرتبطاً بشكل رئيس بقدرتها على تلبية احتياجات السوق داخلياً وخارجياً، دون الاعتماد على الدعم الحكومي، لأن ذلك سوف يساعد هذه الشركات على توفير منتجات برمجية أو دوائية أو تشخيصية ذات مواصفات عالمية، وتجعل هذه الشركات على اتصال دائم بأحدث المستجدات في هذا المجال ما يدفعها إلى تطوير قدراتها لمواكبة هذا المجال المتجدد لحظياً. وقد تلعب الحكومة هذا الدور الحيوي إذا ما تخلت عن دور الحاضنة المدللة إلى دور الرافع لمستوى هذه الشركات عن طريق الإلزام الدائم بمستوى عالٍ من المواصفات المطلوبة في المنتج.