

استخدام مقارنة الخيارات الحقيقية لتقييم مشاريع الاستكشاف والإنتاج البترولي Real options approach to assess petroleum exploration and production projects

جدع نور الاسلام*، د. عبد الرزاق مولاي لخضر²، أد. عبد الحميد بوخاري³

¹ طالب دكتوراه جامعة قاصدي مرباح ورقلة -الجزائر- djedaa_nour_el-islam@hotmail.com

² جامعة قاصدي مرباح ورقلة -الجزائر- abdemoulay@gmail.com

³ جامعة غرداية -الجزائر- bkhamib@yahoo.com

تاريخ الاستلام: تاريخ القبول: تاريخ النشر:

2019-12-25 2019-11-20 2019-02-11

الملخص:

تناولت الدراسة تقديم تحليل الخيارات الحقيقية باعتبارها أداة فعالة ومهمة في تقييم مشاريع الاستكشاف والإنتاج البترولي، وذلك لتقييم المرونة التي يمكن للإدارة التحلي بها عند اتخاذ القرارات المتعلقة بالاستثمار، وبناء على ذلك قمنا في هذه الدراسة بتقييم كل من خيار التبدل/المرونة، خيار الاستثمار/التخلي وخيار مركب، إذ اعتمدنا على مبادئ المحاكاة الرقمية والنمذجة لتقييم الخيارات، وقد توصلت الدراسة إلى أن استخدام نظرية الخيارات الحقيقية في تقييم مشاريع الاستكشاف والإنتاج البتروليلا يضيف فقط قيمة موجبة للمشروع -يرجع ذلك إلى اللامائية التي تتميز بها مقارنة الخيارات الحقيقية-، ولكنه يقلل أيضا من درجة المخاطرة لمشاريع الاستكشاف والإنتاج البترولي. الكلمات المفتاحية: الخيارات الحقيقية : عدم اليقين : مشاريع استكشاف وإنتاج البترول : محاكاة مونت كارلو تصنيف JEL: D81 ; L71: C61.

Abstract:

The study provides the real options approach "ROA" as an effective and important tool in the evaluation of petroleum exploration and production projects "E&P" in order to assess the managerial flexibility that can be integrated to the investment decision making process. Accordingly, we have evaluated switch on/off option, continue/abandon option and compound option, therefore we have used numerical simulation to evaluate and model real options. The results show that the use of real options for assessing E&P projects not only add significant value to the project, due to the non-negativity that characterizes the ROA, but also reduces the E&P project risk degree.

Keywords: Real Options; Uncertainty; Petroleum E&P Projects; Monte Carlo Simulation

Jel Classification Codes : C61 ; L71 ; D81

المقدمة:

تعتبر مرحلة استكشاف وإنتاج المحروقات من أهم مراحل الصناعة البترولية إذ تعد حلقة مفتاحية تسمح للشركات البترولية بتجديد مواردها من المحروقات والتي تضمن استمرارية مزاوله الشركات لنشاطاتها على المدى الطويل، كما يعتبر الاستكشاف والإنتاج البترولي من أكثر الصناعات عرضة للمخاطر وحالات عدم اليقين (خطر جيولوجي، خطر اقتصادي، خطر سياسي، خطر مالي)¹، بحيث أن القيمة الاقتصادية لمشاريع الاستكشاف والإنتاج تتأثر بعدة عوامل مثل : أسعار البترول، النفقات التشغيلية، الإنفاق الرأسمالي، معدل الإنتاج، كمية و نوعية البترول، و في سياق متصل، يصبح اتخاذ قرار الاستثمار من عدمه تحداً أمام الشركات البترولية بخاصة في بيئة مليئة بالمخاطر تسودها حالات عدم اليقين، وبالتالي تبقى المعايير الاقتصادية التقليدية لاختيار المشاريع محل جدل واسع بيد أنها لا تأخذ بعين الاعتبار مفهوم الخطر، التأثير المتبادل بين المشاريع وكذا المرونة الإدارية²، و يهدف تقييم المشاريع الاستثمارية مع مراعاة كل من المرونة الإدارية، المخاطر وحالات عدم اليقين وكذلك مواجهة ديناميكية الأسواق والبيئة التي تعمل في أطرها الشركات البترولية قمنا باستخدام مقارنة الخيارات الحقيقية لغرض تقييم مشاريع الاستكشاف والإنتاج البترولي.

إشكالية البحث:

بناء على ما سبق يمكننا طرح التساؤل لآتي:

ما هي الإسهامات التي من الممكن أن تقدمها مقارنة الخيارات الحقيقية لدعم قرار الاستثمار في مشاريع الاستكشاف والإنتاج البترولي؟

التساؤلات الفرعية:

هل تختلف قيمة المشروع عند استخدام مقارنة الخيارات الحقيقية في تقييم مشاريع الاستكشاف والإنتاج البترولي عن قيمة نفس المشروع عند استخدام مقارنة صافي القيمة الحالية؟

هل يضيف استخدام مقارنة الخيارات الحقيقية في تقييم مشاريع استكشاف وإنتاج البترول فروقات في درجة المخاطرة مقارنة بمقاربة صافي القيمة الحالية؟

الفرضيات:

قيمة المشروع الناتجة عن استخدام مقارنة صافي القيمة الحالية تختلف عن قيمة نفس المشروع وفقاً لمقاربة الخيارات الحقيقية.

توجد فروقات معنوية بين درجة المخاطرة للمشروع الاستثماري المقيم وفقاً لمقاربة صافي القيمة الحالية ودرجة المخاطرة لنفس المشروع وفقاً لمقاربة صافي القيمة الحالية.

أهمية البحث:

تكمن أهمية البحث في تسليط الضوء على مقارنة الخيارات الحقيقية وتطبيقها في مجال استكشاف وإنتاج المحروقات، ومدى فاعلية هذه المقارنة في تقييم المشاريع الاستثمارية مقارنة بالطرائق التقليدية لتقييم المشاريع الاستثمارية والتي تبقى محل جدل لعدم أخذها مفهومي الخطر والمرونة الإدارية.

أهداف البحث:

يهدف البحث إلى التعريف بمقارنة الخيارات الحقيقية وكيفية تطبيقها في مجال الصناعة البتروولية وتحديد مدى فعالية هذه المقارنة مقارنة بطرائق التقييم التقليدية.

هيكل الدراسة :

لأجل الوصول إلى مبتغى الدراسة المتمثل في تحديد الاسهامات التي يمكن أن تقدمها مقارنة الخيارات الحقيقية في تقييم المشاريع الاستثمارية ، قمنا بهيكلة البحث إلى ستة أقسام، حيث جاء القسم الاول لعرض مفهوم الخيارات الحقيقية و أهم أنواعها وكذا تبيان أهم الطرائق المتبعة في تقييم هذه الخيارات، كما جاء في القسم الثاني توضيح لأهم مراحل نشاط الاستكشاف و الإنتاج البتروولي، اما بالنسبة للقسم الثالث فقد تناولنا فيه بعض الدراسات السابقة. يليه قسم رابع نوضح فيه الطريقة المتبعة والأدوات المستعملة في هذه الدراسة، جاء القسم الخامس مخصصا لمناقشة النتائج و في الأخير أتممنا بخاتمة .

1-الخيارات الحقيقية:

تعتبر عقود الخيارات من أهم التطبيقات في نظرية المشتقات المالية، حيث تعد أحد أهم الوسائل الفعالة في الأسواق المالية، إذ أنها لا تمثل فقط وسيلة استثمارية يمكن الاستفادة منها اعتمادا على بيع وشراء عقد الخيار والاستفادة من الفارق بسعر التنفيذ وسعر السوق ولكنها تعد وسيلة فعالة في التحوط وتحديد المخاطرة الناتجة عن التقلبات التي قد تشهدها السوق³، عرف المنظرون عقود الخيارات المالية على أنه عقد يمنح حامله الحق (وليس الإلزام) في شراء (Call Option)أو البيع (Put Option) الأصل الأساسي بسعر محدد سلفا يسمى بسعر التنفيذ في وقت محدد يسمى بتاريخ الانقضاء أو مدة الاستحقاق حيث أنه إذا كان بإمكان مالك الخيار ممارسة حقه في شراء أو بيع الأصل الأساسي فقط عند الاستحقاق فإن الخيار يسمى الخيار الأوروبي، أما إذا كان بإمكان المالك ممارسة حقه في شراء أو بيع الأصل الأساسي أثناء أو قبل تاريخ الانقضاء فحينها يسمى الخيار بالخيار الأمريكي⁴، ومن خلال الأدبيات و المنظرين تم تحديد ست عوامل أساسية تؤثر على سعر الخيار وهي كالآتي:⁵

1-السعر الحالي للسهم S_0 ;

2-سعر التنفيذ K ;

3- تاريخ الانقضاء T ;

4-التقلب في سعر السهم σ ;

5-سعر الفائدة الخالي من المخاطرة r ;

6-الأرباح الموزعة خلال فترة حياة الخيار D.

قدمت أبحاث الخيارات الحقيقية مساهمات كبيرة في كل من الاقتصاد المالي وإدارة الاستراتيجية من خلال تطوير منهج جديد لإدارة الاستثمارات يشتمل على مرونة اتخاذ القرار في ظل ظروف تعج بحالات عدم اليقين والديناميكية التي تشهدها الأسواق العالمية⁶، وقد ساعدت أعمال كل من⁷ (Pindyck, 1988; Trigeoris, 1986; McDonald & Siegl, 1986) وأعمال أخرى في إنشاء والتأسيس لنظرية الخيارات الحقيقية كمنهج جديد في صناعة القرار وتقييم الأصول الحقيقية، والخيارات الحقيقية كما يدل اسمها تستخدم لتقييم الموجودات المادية أو الحقيقية على عكس الخيارات المالية التي تتعامل مع الموجودات المالية أو الأسهم والسندات⁸، كما يمكن تفسير كل من المرونة الإدارية والتشغيلية الكامنة في الأصول الحقيقية على أنها خيارات حقيقية⁹، وهي تعد أحد البدائل الممكنة للطرائق الشائعة في تقييم المشروعات الاستثمارية في الموجودات الحقيقية المعتمدة على خصم التدفقات النقدية وقد كان ماييرز (Stewart, C. Mayer) أول من صاغ مصطلح "الخيارات الحقيقية" لوصف فرص نمو الشركة التي يمكن رؤيتها كخيارات¹⁰، حيث توفر نظرية الخيارات الحقيقية مجموعة من الأدوات التحليلية والاستدلالية لتقييم والتعامل مع عدم اليقين الذي تعرفه القرارات الاستراتيجية¹¹.

1.1-أنواع الخيارات الحقيقية:

غالبا ما يتم تصنيف الخيارات الحقيقية وفقا لنوعية المرونة التي تقدمها للمستخدمين، إذ تتضمن البدائل الأكثر شيوعا مثل: خيار التأجيل (Option to Wait or Delay)، خيار التخلي (Option to Abandon)، خيار التبديل/المرونة (Option to Switch)، خيار التوسع (Option to Expand)، خيار النمو (Growth Option)، أما بالنسبة لمشاريع الاستثمار الاستراتيجي فغالبا ما تكون على خيارات متنوعة تسمى الخيارات المركبة (Compound Options)¹².

2.1- طرائق تقييم الخيارات الحقيقية¹³:

تعد كل من طرائق حلول الشكل التحليلي المغلق (Analytic Closed Form Solution)، (البناء الشبكي، والمحاكاة، الفئات الرئيسية الثلاثة لطرائق تقييم الخيارات) (الحقيقية)، حيث تعتمد طريقة حلول الشكل التحليلي المغلق على المعادلات التفاضلية التصادفية في عملية التحليل و تعد معادلة (Black & schols) النموذج الأكثر شيوعا لتقييم الخيارات و خاصة منها الأوروبية، أما بالنسبة لطريقة لبناء الشبكي فهي عبارة عن نموذج لتقريب عملية السعر المستمرة اعتمادا على الشبكة المتقطعة و تعد الشبكة الثنائية الأكثر استعمالا في تقييم الخيارات الحقيقية حيث أنه تم اقتراح هذه الطريقة سنة 1979 من طرف كوكس روس و

روبنستين¹⁴ (Cox, Ross and Rubinstein) لتقييم الخيار الأمريكي، وأخيرا طرائق المحاكاة والتي تحدد قيمة الخيار اعتمادا على محاكاة رقمية لمجموعة كبيرة من مسارات الاسعار الممكنة ومن الطرائق المستخدمة عادة هي محاكاة مونت كارلو والتي تستعمل في تقييم الخيارات التي تعتمد قيمتها على متغيرات عشوائية تفوق المتغيرين كأسعار الطاقة.

2- مراحل استكشاف وإنتاج البترول:

يشتمل نشاط استكشاف وإنتاج البترول على مرحلتين أساسية وهي مرحلة الاستكشاف، التطوير والإنتاج .

1.2- مرحلة الاستكشاف البترولي :

يهدف النشاط الاستكشافي إلى إيجاد حجوم ومكان من جديدة من المحروقات، بحيث تحل محل الحجوم المنتجة هذا ما يحدد إمكانية الشركة في مزاولة نشاطاتها على المدى البعيد¹⁵، إذ تخضع مرحلة الاستكشاف لمخاطر وحالات عدم اليقين تكون أكبر أو أقل حسب البيئة التي يجري فيها البحث¹⁶ ولهذا تجرى عمليات التنقيب والاستكشاف لزيادة احتمال الحصول على المزيد من المعلومات عن الجدوى التقنية والاقتصادية لاستغلال الموارد الموجودة في باطن الأرض. يبدأ استكشاف المحروقات بعدة أنواع من المسوح الجيولوجية والجيوفيزيائية وقد تبينت الدراسات أن المسح الزلزالي هو الأكثر فعالية¹⁷، وتتطلب المرحلة نظم متقدمة لتحليل البيانات وتقنيات تشغيلية متطورة. بعد تحديد وجمع المعطيات الكافية من مرحلة الاستكشاف تأتي مرحلة بيئية وتعرف بمرحلة التقييم والتقدير حيث تهدف الخطوة الثانية إلى البحث في تقييم الخيارات المتعددة لتطوير الحقل والتقدير الأولي للخزان والتي يكون واحدا على الأقل من الخيارات المدروسة قابل للتطبيق من الناحية الاقتصادية.

2.2- مرحلة التطوير والإنتاج البترولي:

بناء على نتائج المرحلة السابقة ودراسة الخيارات المتعددة تصاغ خطة تطوير الحقل، حيث تهدف هذه المرحلة لوضع خطة تطوير الحقل ووضع مواصفات مبدئية للمشروع والمنشآت، تعد هذه المرحلة أهم مرحلة من الناحية الاقتصادية بالنسبة لمختلف مراحل مشاريع الاستكشاف، التطوير والإنتاج حيث ان تكاليف تطوير الحقل تعبر عن 40 إلى 60 % من مجموع تكاليف المشروع الكلية¹⁸. عادة في الحقول الجديدة، يصعد الخام للسطح بواسطة قوة الحفر الطبيعية - طالما أن الضغط في السطح أقل من الضغط في الخزان- ويكون مصدر هذه القوة الدافعة الذاتية هو الماء أو الغاز الموجود في الخزان أو كلاهما، ولكن كلما زاد عمر الخزان أو زاد الإنتاج التراكمي للخام كلما نقصت قوة التدفق الطبيعي للبيئر مما يؤدي على استخدام أساليب استرداد أخرى غير التدفق الطبيعي الناتج عن فرق الضغط، و في أغلب الأحيان يكون الخام المنتج مختلطا بالغاز، الماء، الأملاح وشوائب أخرى، حيث تشترط الشركات المشترية للخام ألا تزيد نسبة الماء والشوائب في الخام عن حد معين، ولذلك يلزم تصفية الخام عن طريق فصله من الغاز والماء والشوائب الأخرى، وتختلف الخامات المستخرجة من الحقول المختلفة من

حيث نسبة المياه والشوائب ومن حيث درجة الكثافة وتتطلب الشوائب العالقة مثل الأملاح والكبريت أجهزة أخرى لمعالجتها، عند إتمام مرحلة المعالجة يتم تخزين الخام ونقله عبر الأنابيب أو ناقلات البحرية.

3.2- تكاليف الاستكشاف والإنتاج:

يعد نشاط الاستكشاف/أو إنتاج نشاط رأسمالي أي يحتاج إلى رأس مال كثيف بسبب طبيعته التي تستلزم معدات ضخمة وتقنيات عالية إذ تقسم تكاليف مشاريع استكشاف/أو إنتاج إلى ثلاث أقسام أساسية حسب مراحل النشاط وهي¹⁹:

أ- التكاليف الرأسمالية:

وهي تشمل كل من مرحلتَي الاستكشاف والتطوير:

- تكاليف الاستكشاف

تكاليف تحديد المجالات التي تتطلب الفحص والاستكشاف وتشمل كذلك دراسة المجالات المحددة التي قد تحتوي على احتياطيات من البترول أو الغاز وتشمل أيضا تكاليف حفر الآبار الاستكشافية وآبار اختبار الطبقات الاستكشافية وتكاليف الدراسات الطبوغرافية والجيولوجية ومرتببات الجيولوجيون والطواقم الجيوفيزيائية وغيرها.

- تكاليف التطوير:

تكاليف التطوير هي التكاليف الموجهة للحصول على الاحتياطيات المؤكدة وتوفير معدات الاستخراج، المعالجة والتخزين وهي تشمل تكاليف آبار التطوير لإنتاج المحروقات فضلا عن تكاليف مرافق الإنتاج مثل أنابيب النقل والفواصل والسخانات وصهاريج التخزين ونظم الاسترداد المحسنة ومرافق معالجة الغاز.

ب- التكاليف التشغيلية:

تعتبر التكاليف التشغيلية عن مجموع المدفوعات المخصصة لتشغيل منشآت الإنتاج وتشمل كل من المواد الكيميائية، اللوجستيات، صيانة الآبار، متطلبات القوة البشرية والأمن... الخ²⁰، كما أنها تتألف أساسا من جزئين الجزء الأول يعتبر تكاليف التشغيلية الثابتة وإذ تتناسب مع كلفة رأس المال للبنود و الجزء الآخر عبارة عن تكاليف متغيرة تتغير بدلالة الإنتاج.

3- أدبيات الدراسة:

تستعرض الدراسة التي قدمها Bailey et al (2003)²¹ مقارنة التدفقات النقدية التي توضح كيف يمكن أن تتجاوز مقارنة الخيارات الحقيقية أوجه القصور المسجلة في حق مقارنة خصم التدفقات النقدية، وعليه تهدف الدراسة إلى تبين أوجه التشابه والاختلاف بين الخيارات المالية والخيارات الحقيقية، كذلك قدمت الدراسة نموذجين لتقييم الخيارات هما كل من

نموذج بلاك وسكولز ونموذج باينوميل الشبكي، كما قام الباحث بتوضيح كيفية تطبيق مقارنة الخيارات الحقيقية عن طريق دراسة حالة خيار نقل الغاز الطبيعي المسال. علاوة على ذلك، تطرقت الدراسة إلى خيارات أخرى مثل خيار الإنقاذ وخيار التأجيل في الصناعة البتروولية. كما تناولت أيضا دراسة²² A. Babajid (2007) مدى قابلية تطبيق مقارنة الخيارات الحقيقية في تقييم مرحلة تطوير الحقل النفطي، وكيف يمكن استخدامها جنبا إلى جنب مع تحليل قرار تعظيم العائد وتقليل الخسائر، إذ يركز على مرونة وخيار تغيير حجم المشروع التي بإمكانها إضافة قيمة للمشروع بخاصة في حالات عدم اليقين التقنية في عمليات التطوير، بحيث تعرضت الدراسة إلى كل من الحقل البسيطة و المعقدة بدءا بتحليل الافتراضات والمخاطر المتوقعة ونتائج الفريق الأصلي للمشروع وصولا إلى طرح بديل لتحليل مشكلة تطوير الحقل البتروولي والمتمثل في تحليل الخيارات الحقيقية التي بإمكانها إعطاء قيمة إضافية للمشروع. وعليه اعتمدت كل دراسة طريقة معينة ومختلفة في تقييم الخيارات غير أنها تتوافق من حيث نطاق الإستخدام المقرون بالصناعة البتروولية علما أن هذه الصناعة كانت مهد تطبيق مقارنة الخيارات الحقيقة، و تمتع لذلك، لم يقتصر استخدام الخيارات الحقيقة فقط على صناعة البترول بل تعدى ذلك إلى مجالات أخرى كالطاقة والبحث والتطوير.

وفي سياق مكمل، استعرضت الدراسة التي قدمها²³ S. Jain and al (2014) أداة دعم القرار التي تأخذ بعين الاعتبار أهم أوجه عدم اليقين الموجودة في مشاريع محطات الطاقة النووية بهدف توفير محفظة مثالية من أجيال محطات الطاقة النووية المتاحة، حيث أن أداة القرار التي تم تقديمها في هذه الدراسة تمزج بين نظرية الخيارات الحقيقية وأمثية المحفظة اعتمادا على نموذج التوسيع لماركوفيتش (Mean-Varance Portfolio Optimization)، أما بالنسبة لنظرية الخيارات الحقيقية فقد اعتمدت المعادلات التفاضلية التصادفية في نمذجة والتحليل، أين استخدمت بصدها حركية براون الهندسية في نمذجة كل من التكاليف التشغيلية وأسعار الطاقة الكهربائية، وفيما يخص التكاليف الرأسمالية، فقد اعتمدن نموذج²⁴ Pindyk (1993). وفي السياق ذاته، تطرقت دراسة²⁵ Y. Moon and al (2018) إلى تحديد الوقت الأمثل للاستثمار في أنظمة الطاقة الكهروضوئية في القطاع السكني، وذلك في كل من الولايات المتحدة الأمريكية، ألمانيا، اليابان، وكوريا، حيث اعتمدت حركية براون الهندسية في نمذجة التكاليف المستقبلية. وتظهر الدراسة ان عتبة الاستثمار المثالية تنخفض في حالة زيادة التقلبات وانخفاض الأرباح، كما كشفت الدراسة مقارنة بطريقة القيمة الصافية الحالية على أن الاستثمار في نظام الكهروضوئي في القطاع السكني يمكن ان يتأخر من 5.76 سنة إلى

11.01 سنة. اتفقت الدراسات المعروضة على أن استخدام مقارنة الخيارات الحقيقية في تقييم المشاريع الاستثمارية يضيف قيمة للمشروع وقد يقلل من المخاطر المتعلقة بالتدفقات النقدية المستقبلية حيث تختلف الدراسة الحالية عن الدراسات السابقة في المنهجية التي خصصت لتقييم مشاريع الاستكشاف والإنتاج البترولي، حيث قمنا بتقديم نموذج شامل لكل مراحل نشاط الاستكشاف والإنتاج بدءا بتقدير الإحتياطي النفطى لتقدير قيمة المشروع اعتمادا على مقارنة الخيارات الحقيقية .

4- المنهجية وأدوات الدراسة:

يتضمن هذا الجزء تطبيق لنظرية الخيارات الحقيقية لتقييم مشروع افتراضي-مستوحى من مشروع حقيقي- استكشاف وإنتاج البترول (Synthetic petroleum E&P project) وقد تم اختيار هذه الصناعة تحديدا -صناعة البترول- لأنها تعتبر صناعة زاخرة بحالات عدم اليقين والمخاطرة، وكذلك لإمكانية تطبيق نظرية الخيارات الحقيقية في هذا النوع من الصناعات، كما يتضمن مقارنة لنظرية الخيارات الحقيقية بطرائق التقييم التقليدية التي تعتمد في أساسها على مدخل التدفقات النقدية، حيث اعتمدنا في تقييم الخيارات الحقيقية على المعادلات التفاضلية التصادفية والمحاكاة لنمذجة المتغيرات المؤثرة في القيمة الاقتصادية للمشروع وذلك باستخدام برنامج (MATLAB 2016a)، حيث تحدد الخطوات التالية الطريقة المتبعة في تقييم الخيارات الحقيقية في مشاريع استكشاف وإنتاج البترول.

1.4- تقدير الإحتياطي البترولي:

قيمة الإحتياطي البترولي الأولي (the value of oil in place) هي ما تجعل هذه المرحلة (تقييم الإحتياطي من المحروقات) من أهم مراحل تقييم مشاريع الاستكشاف والإنتاج²⁶ حيث أن أهم عنصرين في هذه المرحلة هما تقدير كل من:

-كمية المحروقات المستكشفة الموجودة في الخزان (OOIP: Original Oil In Place)؛

-كمية المحروقات المتوقعة استردادها (EUR: Estimated Ultimate Recovery).

غالبا ما تستخدم المعادلة (1) طريقة التقدير الحجمي (Volumetric Estimation Methode) (في تقدير الإحتياطي البترولي حيث أنها تستلزم بعض المعطيات التي تجعل منها قابلة للتطبيق.

$$OOIP = \frac{7758 A.h.\phi(1-S_w)}{B_o} \quad (1)$$

حيث أن 7758 هو معامل التحويل فدان-قدم إلى برميل، A يعبر عن المساحة منطقة الإنتاج بالفدان (Acres)، h تمثل سمك تشكيل الخزان بالقدم (foot)، ϕ تمثل مسامية الخزان ويعبر كل من B_o و S_w عامل التكوين الحجمي ونسبة تشبع الصخرة بالماء على التوالي.

تعرف EUR على أنها كمية البترول المتوقعة استردادها من الخزان أو بتعبير آخر الكمية التي من الممكن تقنيا انتاجها والتي تعبر عنها المعادلة (2) إذ يمثل R_f معامل الاسترداد.

$$EUR = OOIP \times R_f \quad (2)$$

2.4- تقدير الإنتاج البترولي²⁷:

عند تقدير الاحتياطي البترولي ووضع نموذج لتقدير الإنتاج المتوقع استرداده، يمكن تقدير النفقات الرأسمالية والنفقات التشغيلية للمشروع قدمت (1999) Lund نموذج لدالة إنتاج البترول والتي تعبر عنها المعادلة (3).

$$Q_t = Q_0 \times \frac{EUR - \sum_{t=0}^n Q_t}{EUR} \quad (3)$$

حيث: Q_0 الإنتاج الابتدائي للمكمن و Q_t تعبر عن كمية الإنتاج في الزمن t . وبناء على فرضية أنه يجب تحديد إنتاج الآبار بدون الإضرار بالمكمن، تم وضع حد أقصى للإنتاج وكذلك الأخذ بعين الاعتبار الطاقة القصوى للمصنع.

$$Q_t = \text{Min}\{Q_t, \text{MaxCap}\} \quad (4)$$

حيث تمثل MaxCap الطاقة القصوى للمصنع.

3.4- النمذجة التصادفية لأسعار البترول:

يعد البترول من أهم السلع الاستراتيجية في العالم، مما جعل أسعار هذه السلعة حساسة و تتأثر بعدة عوامل منها ما له تأثيرات قصيرة المدى مثل: (التذبذب، مصانع التكرير، التحكم في الإنتاج، تطوير مصادر غير التقليدية... إلخ) زمنها ما له تأثيرات على المدى الطويل على سبيل المثال: (العوامل الجيوسياسية، عرض البترول الأمريكي، النمو الاقتصادي العالمي، الطلب العالمي على البترول و كفاءة الطاقة و كذا استغلال مصادر الطاقة البديلة... إلخ²⁸، كل هذه العوامل تجعل من التنبؤ بأسعار البترول شيء بالغ الصعوبة والأهمية في آن واحد. اعتمدنا في نمذجة أسعار البترول المعادلات التفاضلية التصادفية (SDE) "حركية براون الهندسية" (GBM) والتي تعبر عنها المعادلة التالية:

$$dX = \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) dt + \sigma dw \quad (5)$$

حيث: t يمثل الزمن (سنة، شهر، يوم ...) ، $X = \ln(P)$ حيث P يمثل سعر البترول، μ_p معدل الأنجراف لأسعار البترول (Drift rate)، σ_p تذبذب أسعار البترول و W عملية وينار (Wiener Process) حيث أن $W = N(0,1)\sqrt{dt}$ كما تمثل المعادلة (6) حل المعادلة التفاضلية التصادفية (5).

$$P_{t+dt} = P_t \exp \left[\left(\mu_p - \frac{\sigma_p^2}{2} \right) dt + \sigma_p N(0,1)\sqrt{dt} \right] \quad (6)$$

4.4- النمذجة التصادفية للتكاليف التشغيلية:

تمثل المعادلة (7) نموذج تصادفي للتكاليف التشغيلية المتغيرة منها:

$$Vopex_{t+dt} = Vopex_t \exp \left[\left(\mu_{Vopex} - \frac{\sigma_{Vopex}^2}{2} \right) dt + \sigma_{Vopex} N(0,1) \sqrt{dt} \right] \quad (7)$$

حيث t يمثل الزمن (سنة، شهر، يوم)، $Vopex_t$ التكاليف التشغيلية المتغيرة في الزمن t ، μ_{Vopex} معدل الانجراف للتكاليف التشغيلية المتغيرة (Drift rate)، σ_{Vopex} التذبذب في التكاليف التشغيلية المتغيرة و W عملية وينار (Wiener Process) حيث أن $W \sim N(0,1) \sqrt{dt}$.

5.4- نمذجة صافي القيمة الحالية (Net Present Value Modeling):

إن معيار صافي القيمة الحالية (NPV) لمشروع استثماري يشير إلى الفرق بين القيمة الحالية للتدفقات النقدية الداخل للمشروع والقيمة الحالية للتدفقات النقدية الخارجة لنفس المشروع، ويجري حساب معيار صافي القيمة الحالية لمشروع استثماري على النحو الآتي:

$$NPV = - \sum_{t=0}^n \frac{CAPEX_t}{(1+r)^t} + \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} \quad (8)$$

حيث أن $CAPEX_t$ يعبر عن النفقات الرأسمالية في الزمن t ، r معدل الخصم، n العمر الإقتصادي للمشروع، CF_t التدفقات النقدية في الزمن t .

أما بالنسبة لنموذج صافي القيمة الحالية المفصل لمشروع استكشاف إنتاج في حالة المحاكاة تحسب كالآتي:

$$E(NPV) = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m \left\{ \sum_{t=0}^n \left(\frac{P_t^{oil}(k) \times Q_t - opex_t(k) - TTax_t(k) - CAPEX_t(k)}{(1+r)^t} \right) \right\} \quad (9)$$

حيث أن P_t^{oil} يمثل سعر البترول للزمن t ، Q_t كمية الإنتاج في الزمن t ، $TTax_t$ مجموع الضرائب للزمن t ، $CAPEX_t$ تكاليف رأسمالية في الزمن t ، $Opex_t$ التكاليف التشغيلية، r معدل الخصم، m عدد المحاولات لمحاكاة مونت كارلو و n يمثل عمر المشروع.

6.4- نمذجة الخيارات الحقيقية:

ركزنا في هذه الدراسة على الخيارات الحقيقية التالية: خيار المرونة (Option to Switch on/off)، خيار التخلي أو الاستمرار (Option to Continue /Abandon)، وأخيرا خيار مركب (Compound Option) يأخذ كل من الخيارين السابقين بعين الاعتبار، كما أن الخيار (ROV) هو الفرق بين القيمة الصافية الحالية في حالة المرونة (NPV_{flex}) و القيمة الصافية الحالية الحالية من المرونة (NPV) وهذا ما توضحه المعادلة التالية:

$$E(ROV) = E(NPV_{flex}) - E(NPV) \quad (10)$$

أ- خيار المرونة:

تمثل المعادلة الموالية (11) معادلة حساب القيمة الحالية مع الأخذ بعين الاعتبار خيار المرونة بين تشغيل والإيقاف المؤقت للمشروع في حالة ما إذا حقق المشروع قيم سالبة، كما اعتبرنا أن تكاليف الإيقاف والتشغيل مهملة.

$$E(PV_t^{flex}) = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m \text{Max} \left\{ \left(\frac{P_t^{oil}(k) \times Q_t - opex_t(k) - Tax_t(k)}{(1+r)^t} \right), 0 \right\} \quad (11)$$

حيث PV_t^{flex} القيمة الحالية للزمن t والذي يعبر هنا عن شهر وذلك بسبب القيود التقنية التي ممكن مواجهتها عند إعادة تشغيل المصنع لأنه يوجد بعض المنشآت التي تحتاج لمدة زمنية لتكون جاهزة، $E(PV_t^{flex})$ الأمل الرياضي للقيمة الحالية في الشهر t ، Max تمثل دالة اختيار القيمة العضى بين " PV_t " و القيمة الصفرية "0"، وقد نمذجنا المعادلة الموالية (12) بهدف حساب خيار المرونة عن طريق صافي القيمة الحالية المرنة والتي تشتمل في قيمتها على قيمة خيار المرونة و الذي يعبر عن المرونة التي يمكن للشركة ان تتحللا بها خلال فترة حياة المشروع والتي تتمثل في تجنب القيم السالبة التي من الممكن أن تنتج جراء تقلبات في العوامل المؤثرة في القيمة الاقتصادية للمشروع.

$$E(NPV_{SW}) = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m \left\{ \left(\sum_{t=0}^n \text{Max} \left(\left(\frac{P_t^{oil}(k) \times Q_t - opex_t(k) - Tax_t(k)}{(1+r)^t} \right), 0 \right) - \frac{CAPEX_t(k)}{(1+r)^t} \right) \right\} \quad (12)$$

حيث $E(NPV_{SW})$ تمثل الأمل الرياضي لصافي القيمة الحالية المرنة المصحوبة بخيار المرونة، واعتمادا على المعادلة (10) فإن قيمة خيار المرونة ROV_{SW} تحسب كالآتي:

$$E(ROV_{SW}) = E(NPV_{SW}) - E(NPV) \quad (13)$$

ب- خيار التخلي / الاستمرار:

يعبر خيار التخلي أو الاستمرار إلى أي مدى يمكن الاستمرار في المشروع أو التخلي عنه نهائيا وهذا النوع من القرارات يعرف على أنه ذو اتجاه واحد (Irreversible) وقد تمت نمذجته في المعادلة التالية:

$$E(NPV_{A/C}) = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m \left\{ \left(\sum_{t=0}^n \text{Max} \left(\left(\frac{P_t^{oil}(k) \times Q_t - opex_t(k) - Tax_t(k) - CAPEX_t(k)}{(1+r)^t} \right), 0 \right) \right) \right\} \quad (14)$$

حيث $E(NPV_{A/C})$ تمثل الأمل الرياضي لصافي القيمة الحالية المرنة المصحوبة بخيار التخلي أو الاستمرار، كما تعبر المعادلة (15) علي قيمة خيار التخلي/الاستمرار $ROV_{A/C}$.

$$E(ROV_{A/C}) = E(NPV_{A/C}) - E(NPV) \quad (15)$$

ج-الخيار المركب:

الخيار المركب هو حصة مزج بين كل من خياري المرونة و خيار التخلي/الاستمرار أي الاخذ بعين الاعتبار كل من الخيارين السابقين كما تمثل المعادلة (16):

$$E(NPV_{Comp}) = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m \left\{ \max \left(\sum_{t=0}^n \max \left(\frac{p_t^{oil(k)} \times Q_{t-ops_{t(k)}} - TTax_t(k)}{(1+r)^t}, 0 \right) - \frac{CAPEX_t(k)}{(1+r)^t} \right), 0 \right\} \quad (16)$$

حيث $E(NPV_{Comp})$ تمثل الأمل الرياضي لصافي القيمة الحالية المرنة المصحوبة بالخيار المركب، كما تعبر المعادلة (17) علي قيمة الخيار المركب ROV_{Comp} .

$$E(ROV_{Comp}) = (NPV_{Comp}) - E(NPV) \quad (17)$$

-5

عرض النتائج ومناقشتها:

يمثل الجدول (1) خصائص الحقل المدروس و التي تم على أساسها تقدير دالة الكثافة الاحتمالية للنفط المخزون في المكان الاولي (OOIP)، و التي يوضحها الشكل (1):

الجدول (1): الخصائص التقنية الممكن

نسبة المسامية "φ"			سمك تشكيل الخزان "h" (ft)			"A" مساحة منطقة الإنتاج (Acres)	
μ	σ	Max	ML	Min	Max	ML	Min
8%	1%	72	36	18	71760	31200	18720
نسبة تشبع الصخرة بالماء "S _w "				"B _o " عامل التكوين الحجمي (Bbl/STB)			
μ	σ		Max		Min		
45%	5%		1.68		1.25		

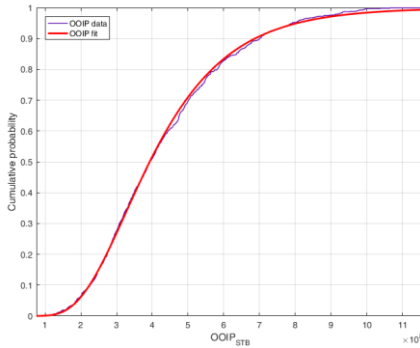
المصدر: من اعداد الباحثين اعتمادا على معطيات مستوحات من مشاريع حقيقية

حيث أن المخزون يحتوي على مقدار محدود من البترول أي احتمالية وجود كميات من البترول هي 100% وهذا يعني أن المخزون هو اكتشاف مؤكد نظرا إلى مجال شك في قيم البترول، حيث يتضح من الشكل (2) أن الـ P(90) هي كميات نفط تعادل 200 مليون برميل على الأقل، أو بعبارة أخرى، إن احتمالية احتواء المخزون على كميات من البترول تساوي أو تفوق 200 مليون برميل تعادل 90 %، كما أن الـ P(50) فهي تمثل كميات نفط تساوي 400 مليون

استخدام مقارنة الخيارات الحقيقية لتقييم مشاريع الاستكشاف والإنتاج البترولي

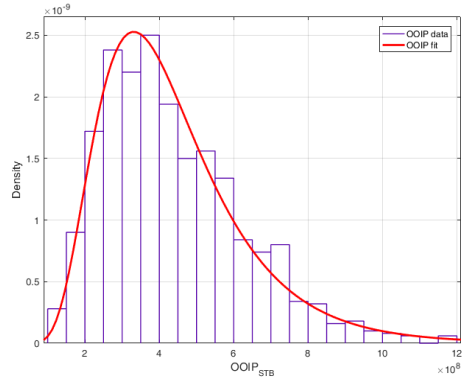
برميل أو أكثر مع احتمال يعادل 50 %، أما بالنسبة لـ $P(10)$ فهي تمثل كميات البترول تعادل 700 مليون برميل أو أكثر مع احتمال يساوي 10 %.

الشكل (2): دالة الاحتمال التكراري للنفط المخزون في المكان الأولي



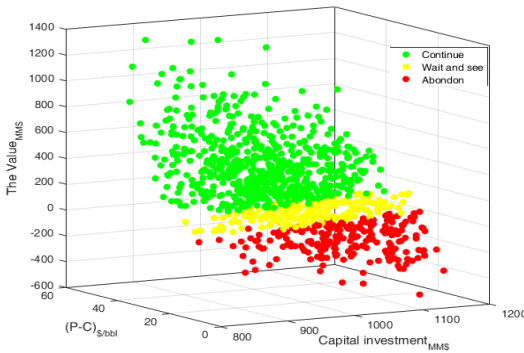
المصدر: من اعداد الباحثين بالإعتماد على
مخرجات برنامج Matlab 2016a

الشكل (1): دالة الكثافة الاحتمالية للنفط المخزون في المكان الأولي



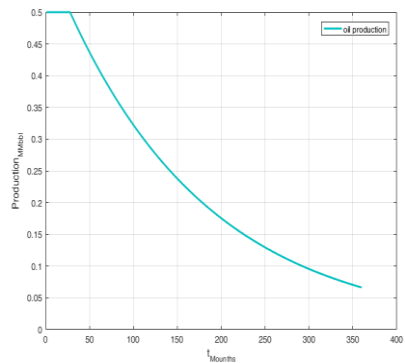
المصدر: من اعداد الباحثين بالإعتماد على
مخرجات برنامج Matlab 2016a

الشكل (4): مخطط بياني مبثرة توضيحي لا تخاد قرارات الاستثمار



المصدر: من اعداد الباحثين بالإعتماد على
مخرجات برنامج Matlab 2016a

الشكل (3): منحنى دالة الإنتاج

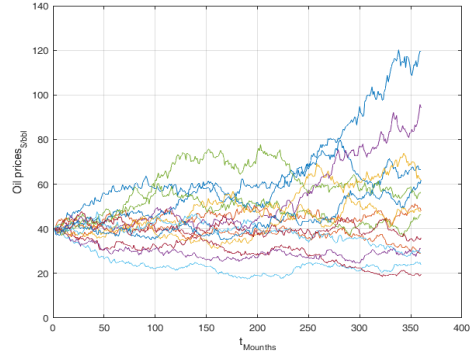
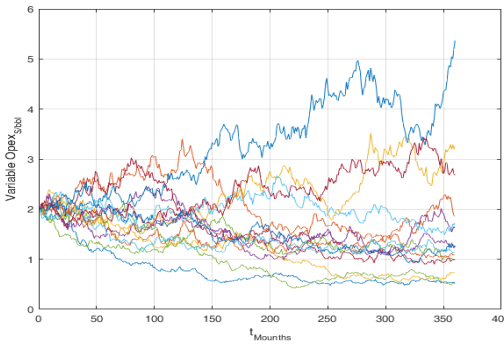


المصدر: من اعداد الباحثين بالإعتماد على
مخرجات برنامج Matlab 2016a

بناءً على كميات البترول المخزون في المكان الأولي الذي يوضحه الشكل (1) أعلاه، تم حساب كمية البترول المتوقع استردادها على أساس معامل استرجاع (Rf) يساوي 22%، حيث قدر (EUR) بحوالي 95 مليون برميل، وعلى أساس هذه الكمية المتوقعة قمنا بتحديد دالة الإنتاج التي يوضحها الشكل (3) أعلاه، حيث يبلغ معدل الإنتاج أوجه (الطاقة القصوى للمصنع في معالجة الخام (MaxCap)) أي ما يعادل 500.000 برميل شهرياً، ما يقارب 16700 برميل يوميا، وذلك لمدة سنة ونصف تقريباً ثم تليها مرحلة الانحدار كما هي ممثلة في الشكل ويرجع ذلك إلى الانخفاض المحسوس في الضغط الطبيعي للمكمن.

الشكل (5): مسارات محتملة لأسعار البترول

المتغيرة



المصدر: من اعداد الباحثين بالإعتماد على

مخرجات برنامج Matlab 2016a

المصدر: من اعداد الباحثين بالإعتماد على

مخرجات برنامج Matlab 2016a

يمثل الشكل (5) بعض مسارات أسعار البترول الممكنة والتي تتبع الحركة البراونية وكما هو مبين في الشكل، حيث تم اعتماد 40 دولار للبرميل كسعر ابتدائي، كما يدل الشكل فإن السعر يتغير خلال فترة حياة المشروع إلى أن يتعدى في أحد المسارات عتبة 120 دولار للبرميل - كأقصى قيمة- في الفترة الأخيرة للمشروع وقابله سعر 18 دولار للبرميل كأسوأ مسار محتمل، أما بالنسبة للشكل (6) أعلاه، فيمثل بعض المسارات الممكنة للتكاليف التشغيلية المتغيرة إذ أنها تجاوزت الـ 5 دولار للبرميل كأقصى حد في آخر حياة المشروع وقد ترجع هذه الزيادة إلى ظهور تكاليف تشغيلية كالصيانة وما شابه ذلك، وبالجهد المقابلة لهذا المسار فإن التكلفة المتغيرة يمكن أن تبلغ 0.5 دولار للبرميل وقد يرجع ذلك إلى نوعية التكنولوجيا المستعملة وكذا وضع خطط استراتيجية للتقليل من التكاليف.

الجدول (2): نتائج الدراسة

(MM\$)	القيمة الصافية الحالية دون مرونة إدارية	القيمة الصافية الحالية بخيار المرونة	القيمة الصافية الحالية خيار الاستمرار/التخلي	القيمة الصافية الحالية بالخيار المركب
E(NPV)	239.73	249.85	267.40	272.21
σ (NPV)	287.43	278.68	250.54	248.69
E(ROV)	/	10.13	27.67	32.48

المصدر: من اعداد الباحثين بالإعتماد على مخرجات برنامج Matlab 2016a

يمثل الجدول (2) نتائج الدراسة والتي أظهرت ان القيمة الصافية الحالية المتوقعة دون مرونة إدارية بلغت 239.73 مليون دولار أمريكي حيث بلغ مؤشر الربحية 24% أي أن كل دولار يستثمر في هذا المشروع يذر 24 سنت، كما بلغ الانحراف المعياري 303.62 مليون دولار أي مخاطرة تقدر بـ 26.6% بمعنى أنه يمكن أن تخسر القيمة الصافية الحالية المتوقعة 63.89 مليون دولار من قيمتها، وكما هو مبين في الجدول فإنه في حالة إضافة خيار المرونة ستزيد قيمة المشروع بما يعادل 10.13 مليون دولار أي ما يساوي 249.58 مليون دولار، أما بالنسبة للانحراف المعياري فقد انخفض بما يعادل 8.95 مليون دولار أي بـ 2% ويرجع كل من الزيادة في القيمة و النقصان في المخاطرة إلى تفادي النتائج السالبة خلال فترة الإنتاج، اما معامل المخاطرة المتوقع يعادل 17.93% أي أن القيمة الصافية الحالية المتوقعة لخيار المرونة يمكن أن تقل عن ما هي عليه بـ 44.80 مليون دولار، أما بالنسبة لخيار الاستمرار/التخلي فقد بلغت القيمة المشروع ما يحاذي 257.4 مليون دولار أي أن قيمة الخيار المتوقعة قدرت بـ 23.76 مليون دولار، مع انخفاض في القيمة المعنوية للمخاطرة المتوقعة للمشروع، إذ بلغ الانحراف المعياري 262.38 مليون برميل أي أن معامل المخاطرة قد بلغ ما يعادل 2% أي يمكن خسارة ما يعادل 5.18 مليون دولار من القيمة الصافية الحالية المتوقعة المصحوبة بخيار الاستمرار أو التخلي، كما بلغت قيمة المشروع بإضافة خيار مركب للمشروع 272.21 مليون أي بزيادة متوقعة قدرها 32.48 مليون دولار وهي قيمة الخيار المركب والتي تساوي 13% من قيمة صافي القيمة الحالية الحالية من المرونة، كما ان الانحراف المعياري قد بلغ 260.6 مليون دولار أي انخفض بما يساوي 14.16% أي أن الخيار المركب زاد في القيمة المتوقعة للمشروع بنسبة 13% و قلل من المخاطرة المعنوية المتوقعة بمقدار 14.16%، كما يشير الشكل (4) أعلاه إلى كيفية تغير قيمة المشروع بدلالة كل من التكاليف الاستثمارية (الرأسمالية) و المتغير الثاني و الذي يعبر عن

الفرق بين سعر البترول و مجموع التكاليف ، حيث يوضح مجال النقاط ذات اللون الأحمر أن القيمة الصافية الحالية سالبة ، أي يمكن التخلي عن المشروع إذا ما وافقت المتغيرات في الواقع المتغيرات المبينة في الشكل ، أما بالنسبة للنقاط الصفراء فهي تعتبر منطقة ذات خطورة عالية لا يمكن الحسم فيها ويرجع ذلك لتقاربها مع مجال القيم السالبة للمشروع، ولذلك فيمكن اعتباره كخيار الإنتظار (Wait and See Option) ويتم ذلك عن طريق متابعة المتغيرات إلى أن يحسم القرار إما بالتخلي أو الاستمرار، و تعتبر المنطقة ذات اللون الاخضر هي مجال بعيد بعض الشيء عن المخاطرة ويعتبر المشروع مربح حسب المتغيرات المحددة لهذا المجال أي يمكن الاستمرار في المشروع إذا توافقت المتغيرات في الواقع و المتغيرات التي تحدد ربحية المشروع.

6-الخاتمة:

حاولنا من خلال الدراسة تقييم مشروع لاستكشاف وإنتاج البترول و ذلك باستخدام مقارنة تحليل الخيارات الحقيقية، التي تأخذ بعين الاعتبار كل من المرونة الإدارية ، المخاطرة وعدم اليقين للذات تزخر بهما بيئة أعمال نشاطات الاستكشاف و الإنتاج البترولي ، حيث أوضحت النتائج أن استخدام مقارنة الخيارات الحقيقية يضيف قيمة ايجابية للمشروع و يرجع ذلك إلى الطبيعة التي تتميز بها نظرية الخيارات الحقيقية والتي تتمثل في تجنب النتائج السالبة مما يؤدي إلى زيادة في قيمة المشروع نسبة إلى مقارنة صافي القيمة الحالية الخالية من مفهوم المرونة الإدارية ، كما أن مقارنة الخيارات الحقيقية لا تضيف فقط قيمة إيجابية للمشروع ، و لكنها تقلل أيضا من درجة المخاطرة و التي يعبر عنها الانحراف المعياري ، إذ بينت الدراسة أنه كلما ألحقنا المشروع بخيارات أكثر ، ما يعني مرونة أكثر، كلما زادت قيمة المشروع و قلت درجة المخاطرة. كما تسمح أيضا لصناع القرار في شركات البترول باستيعاب مدى تأثير قيمة المشروع بديناميكية الأسواق و المتغيرات المؤثرة عليها مما قد يساهم في تقليل الإعتماد على الدراسات الاستشارية و الدراسات المقدمة من الشركات الاجنبية في تقييم مشاريع الاستكشاف والإنتاج. من أهم قيود هذه المقاربة هي أن الشركات البتروولية في العموم تواجه مجموعة من المشاريع و باعتبار محدودية الموارد المالية، تبحث هذه الشركات عن تعظيم مداخيلها باختيار الحقيقية المثلى أي مجموعة من المشاريع، و بما أن نظرية الخيارات الحقيقة تأخذ كل مشروع على حدة أي لا يمكنها تحديد المجموعة المثلى من المشاريع التي توائم أهداف وقيود الشركة، ولكن بدمج تقنيات تحسين المحفظة بمقاربة الخيارات الحقيقية قد يمكننا من تخطي هذا القيد، أما بالنسبة لحقيقة محدودية مقارنة الخيارات الحقيقية في التعامل مع تفاعلات السوق

الإستراتيجية يمكننا تخطيطها باعتماد لعبة الخيار الحقيقي (Real option game) وما هي إلا حصيلة جمع كل من نظرية الألعاب و الخيارات الحقيقة، و لمعرفة مدى نجاعة الخيارات الحقيقية مقارنة بالطرائق التقليدية يجب تطبيقها على مشاريع أنجزت من قبل أي تم التوصل إلى قيمتها بالفعل ومقارنة مخرجات مقارنة الخيارات الحقيقية مع القيمة الفعلية للمشروع للتوصل إلى معرفة مدى إمكانية الخيارات الحقيقية في تقدير القيمة الحقيقية للمشروع و التي لم نتمكن بعد من انجازها ويرجع ذلك لصعوبة الحصول على هذا النوع من المعطيات و التي تعتبر سرية و إستراتيجية.

7-الهوامش والمراجع :

¹Lerche, I. (1996). Risk and Uncertainty in Petroleum Exploration. Energy Exploration & Exploitation, 14(6), p503.

²Mun, J. (2002). Real options analysis: Tools and techniques for valuing strategic investments and decisions (Vol. 137). John Wiley & Sons, p57.

³Hillier, D., Grinblatt, M., & Titman, S. (2011). Financial markets and corporate strategy (No. 2nd Eu). McGraw Hill, p258.

⁴Zhang, P. G. (1998). Exotic options: a guide to second generation options, p05.

⁵Kariya, T., & Liu, R. Y. (2003). Options, Futures and Other Derivatives. In Asset Pricing (pp. 9-26). Springer, Boston, MA, p205.

⁶Ragozzino, R., Reuer, J. J., & Trigeorgis, L. (2016). Real options in strategy and finance: Current gaps and future linkages. Academy of Management Perspectives, 30(4), p03.

أنظر كل من ⁷:

-McDonald, R., & Siegel, D. (1986). The value of waiting to invest. The quarterly journal of economics, 101(4), 707-727.

-Trigeorgis, L. G. (1986). Valuing real investment opportunities: an options approach to strategic capital budgeting: a thesis (Doctoral dissertation, Harvard University, Graduate School of Business Administration).

-Pindyck, R. S. (1988). Capital risk and models of investment behaviour. In Economic modelling in the OECD countries (pp. 103-117). Springer, Dordrecht.

⁸ Mun, J. (2002), op.cit, p79.

⁹ Augier, M., & Teece, D. J. (Eds.). (2018). the Palgrave Encyclopedia of Strategic Management. Basingstoke, United Kingdom: Palgrave Macmillan.p-1398.

¹⁰ Myers, S. C. (1977). Determinants of corporate borrowing. Journal of financial economics, 5(2), p22.

¹¹ Reuer, J. J., & Tong, T. W. (Eds.). (2007). Real options theory. Emerald Group Publishing Limited, p10.

¹² Augier, M., & Teece, D. J. (Eds.). (2018), op.cit, p1399.

¹³ Kienzle, F., & Andersson, G. (2009). Valuing investments in multi-energy generation plants under uncertainty: A real options analysis. In IAEE European Conference, Vienna, Austria.p05.

¹⁴ J. C. Cox, S. A. Ross, and M. Rubinstein. (1979) Option pricing: A simplified approach. Journal of Financial Economics, (7):229–263.

¹⁵ Jahn, F., Cook, M., & Graham, M. (2008). Hydrocarbon exploration and production (Vol. 55). Elsevier.p39

¹⁶ Bret-Rouzaut, N., & Favenne, J. P. (2011). Oil and gas exploration and production: reserves, costs, contracts. Editions Technip.p65.

¹⁷ Abdel-Aal, H. K., & Alsahlawi, M. A. (Eds.). (2013). Petroleum economics and engineering. CRC Press.p21.

¹⁸ Masseron, J. (1991). L'economie des hydrocarbures. Science et technique du pétrole.p22-23.

¹⁹ Brady, J., Chang, C., Jennings, D. R., & Shappard, R. (2011). Petroleum Accounting: Principles, Procedures, & Issues. Professional Development Institute.p42.

²⁰ Gaci, S. (2004), Optimisation d'un portefeuille de projets d'investissements exploration productionpétrolières, Mémoire du Diplôme Magistère en Economie pétrolière et Management stratégique : Institut Algérien du pétrole.p18.

²¹ Bailey, W., Bhandari, A., Faiz, S., Srinivasan, S., & Weeds, H. (2003). Unlocking the Value of Real Options (Oilfield Review).

- ²² Babajide, A. (2007). Real option analysis as a decision tool in oil field developments (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology).
- ²³ Jain, S., Roelofs, F., & Oosterlee, C. W. (2014). Decision-support tool for assessing future nuclear reactor generation portfolios. *Energy Economics*, 44, 99-112.
- ²⁴ Pindyck, R. S. (1993). Investments of uncertain cost. *Journal of financial Economics*, 34(1), 53-76.
- ²⁵ Moon, Y., & Baran, M. (2018). Economic analysis of a residential PV system from the timing perspective: A real option model. *Renewable Energy*, 125, 783-795.
- ²⁶ Jahn, F., Cook, M., & Graham, M. (2008). op.cit. p460.
- ²⁷ Lund, M. W. (1999, June). Real options in offshore oil field development projects. In 3rd Annual Real Options Conference, Leiden.
- ²⁸ Lyons, W. C., & Plisga, G. J. (2016). Standard handbook of petroleum and natural gas engineering. Elsevier, Chapter 7.p20

8- الملاحق :

الجدول (3): الخصائص الاقتصادية للمشروع

التكاليف (MM\$) الرأسمالية "CAPEX"			التكاليف التشغيلية الثابتة (MM\$/Month) "FixOPEX"		التكاليف التشغيلية المتغيرة "VarOPEX"		
Min	ML	Max	2.5		VarOPEX0 (\$/bbl)	μ	σ
800	1000	1200			2	0	2%
أسعار البترول "Ptoil"			الإتاوة "Royalty β "		الضريبة على الدخل " α "		
P0 (\$/bbl)	μ	σ	15%		40%		
40	0	2%					
			معدل الخصم " r "				
			10 %				

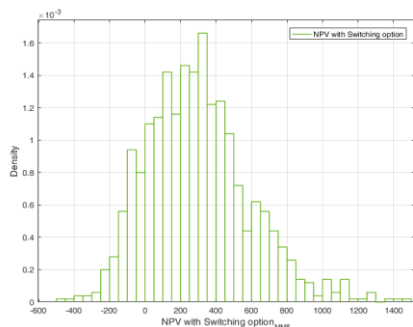
المصدر: من اعداد الباحثين اعتمادا على معطيات لمشاريع حقيقية

الجدول (2): المعطيات الخاصة بالإنتاج

معامل الإسترداد " R_f "	عدد الآبار "N"	الإنتاج الأولي (MMbbl) لبئر " Q_{w0} "	الحد الأقصى لقدرة المشروع "MaxCap" (MMbbl)
22%	12	0.048	0.5

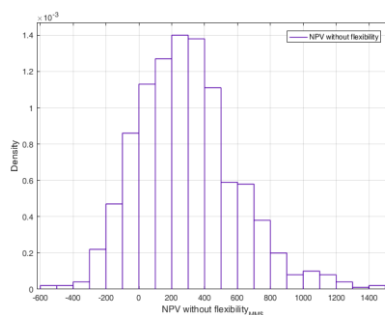
المصدر: من اعداد الباحثين اعتمادا على معطيات لمشاريع حقيقية

الشكل (8): دالة الكثافة الاحتمالية لصافي القيمة الحالية خيار المرونة



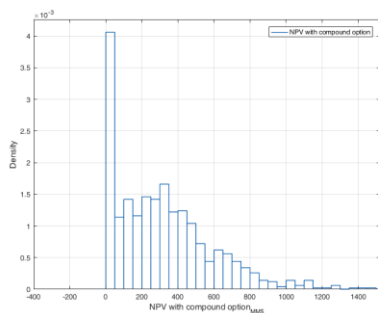
المصدر: من اعداد الباحثين بالإعتماد على
مخرجات برنامج Matlab 2016a

الشكل (7): دالة الكثافة الاحتمالية لصافي القيمة الحالية دون مرونة ادارية



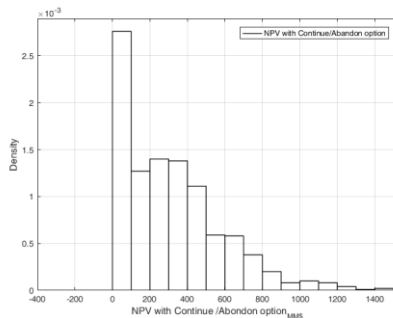
المصدر: من اعداد الباحثين بالإعتماد على
مخرجات برنامج Matlab 2016a

الشكل (10): دالة الكثافة الاحتمالية لصافي القيمة الحالية خيار مركب



المصدر: من اعداد الباحثين بالإعتماد على
مخرجات برنامج Matlab 2016a

الشكل (9): دالة الكثافة الاحتمالية لصافي القيمة الحالية خيار الاستمرار أو التخلي



المصدر: من اعداد الباحثين بالإعتماد على
مخرجات برنامج Matlab 2016a