التنبؤ بالمخاطر الائتمانية باستخدام أنموذج هيكلي (KMV) وخوارزمية (Solver): دراسة تطبيقه في عينة من الشركة الأجنبية للفترة (٢٠١٠-٢٠٢٥)

Predicting credit risk using a structural model (KMV) and the Solver algorithm: A case study of its application in a sample of foreign companies for the period (2010-2025)

أ.م.د. حيدر نعمة غالي الفريجي **م.م. امنه طعمة جبر**

الجامعة المستنصرية / كلية الإدارة والاقتصاد

F2020@uomustansiriyah.edu.iq
amna.albadani@uomustansiriyah.edu.iq

رقم التصنيف الدولي ISSN 2709-2852

تاريخ استلام البحث : ٢٠٢٦/٣/٢٩ **تاريخ قبول النشر: ٢٠٢٦/٤/٢٦**

المستخلص

يهدف هذا البحث إلى التنبؤ بالمخاطرة الائتمانية للشركات محل الدراسة من خلال تطبيق أنموذج هيكلي(KMV) بالاعتماد على بيانات السوق المتمثلة في عدد الأسهم واسعارها وتقلباتها فضلا عن الالتزامات المالية للشركة، لتقدير القيمة السوقية لموجودات الشركة وتقلبها، باستخدام معادلات نموذج ميرتون(Merton) وبمساعدة خوارزمية (Solver) للوصول إلى أفضل تقدير ممكن لقيمة الموجودات وتقلبها، كما يتم احتساب المسافة للتعثر(Distance to Default) ومن ثم اشتقاق احتمالية التعثر

مجلة العلوم المالية والمحاسبية
ACCOUNTING & FINANCIAL SCIENCES JOURNAL
مجلة العلوم المالية والمحاسبية
العدد الثاني والعشرون/ حزيران ٢٠٢٦
الصفحات ٣٩– ٦٨

بحث مستل من رسالة دكتوراه

المتوقعة(EDF) لقياس مستوى المخاطرة الائتمانية لكل شركة بصيغة كمية دقيقة، واعتمد البحث معدل العائد على سندات الخزينة الأمريكي كمعدل خالي من المخاطر بما يتناسب مع مدة الاستحقاق لكل شركة استنادا إلى بيانات منحني العائد اليومي. وأظهرت النتائج وجود اختلاف واضح في مستويات المخاطرة بين الشركات إذ تبين إن ارتفاع تقلب حقوق المساهمين يؤدي الى ارتفاع احتمالية التعثر وبالتالي انخفاض المسافة إلى التعثر مما يعكس العلاقة العكسية بين قوة المركز المالي ومستوى المخاطر الائتمانية. وتؤكد النتائج أهمية أنموذج (KMV) كأداة عملية في قياس المخاطرة الائتمانية والتنبؤ بها اعتمادا على بيانات السوق.

الكلمات المفتاحية: المخاطرة الائتمانية، نموذج، المسافة الى التعثر، احتمالية التعثر، نموذج ميرتون.

Abstract

This study aims to predict the credit risk of the companies under investigation by applying the structural KMV model. The model relies on market data represented by stock prices, the number of shares, and their volatility, in addition to the company's financial obligations. The model focuses on estimating the market value and volatility of the firm's assets using Merton's model equations, which are solved through the Solver algorithm to obtain the best possible estimate of asset value. Subsequently, the Distance to Default (DD) is calculated, and the Expected Default Frequency (EDF) is derived to measure the level of credit risk for each company in a precise quantitative manner. The study adopts the yield on U.S. Treasury bonds as the risk-free rate, selecting maturities consistent with each company's debt horizon, based on daily yield curve data.

The results reveal noticeable differences in risk levels among the companies. They indicate that an increase in equity value leads to a higher Distance to Default and a lower probability of default, reflecting the inverse relationship between financial strength and

credit risk level. The findings confirm the importance of the KMV model as a practical tool for measuring and predicting credit risk based on market data.

Keywords: Credit risk, KMV model, Distance to Default, Expected Default Probability, Merton model.

١- المبحث الأول/ منهجية البحث

مشكلة البحث

تعد المخاطرة الائتمانية من أهم المخاطرة التي تواجه المؤسسات في الأسواق المالية إذ ترتبط بقدرة المؤسسة على الوفاء بالتزاماتها المالية في مواعيد استحقاقها، ولما لها من اثر يمتد إلى المستثمر والمقترض والاقتصاد ككل، وكذلك التطور المتسارع في الأسواق المالية وزيادة الاعتمادية على أدوات التمويل المختلفة أصبح من الضروري أن تتبنى نماذج تستطيع قياس وتقييم احتمالية التعثر والتنبؤ المبكر بها، بما يساهم في تعزيز كفاءة القرارات الاستثمارية والمالية ويعد النموذج الهيكلي (KMV) أحد أبرز النماذج المستخدمة في قياس المخاطرة الائتمانية، اذ يستند إلى نظرية الخيارات في تقدير القيمة السوقية لموجودات الشركة اعتمادا على البيانات السوقية ولا سيما القيمة السوقية لحقوق المساهمين وتقلبها، ومن خلال هذا النموذج يتم احتساب المسافة إلى التعثر بوصفها مؤشر يعكس مدى ابتعاد قيمة الموجودات عن نقطة التعثر ومن ثم اشتقاق احتمالية التعثر المتوقعة التي تمثل تقديرا كميا لاحتمال تعثر الشركات عن الوفاء بالتزامها خلال آفاق زمنية محددة وتبرز أهمية البحث في ظل تباين مستويات المخاطرة بين الشركات المدرجة في السوق الأمريكية للأوراق المالية واختلاف هيكلها المالي وخصائصها التشغيلية، الأمر الذي يثير تساؤلا حول مدى قدرة النموذج الهيكلي (KMV)على قياس تلك المخاطرة بدقة استنادا إلى بيانات الهيكل المالي للشركة والبيانات السوقية.

وعليه وتتمثل مشكلة الدراسة في الإجابة عن تساؤلات الآتية:

إلى أي مدى يمكن لنموذج (KMV) باستخدام خوارزمية(Solver) أن يوفر تقديرا دقيقا لاحتمال تعثر الشركات الأجنبية خلال الفترة(٢٠٢٥-٢٠١٥)

ويتفرع منها الأسئلة الفرعية التالية:

ما مدى كفاءة تقدير قيمة الموجودات(Va) وتقلبها (Qa) باستخدام(Solver)

هل تختلف نتائج احتمالية التعثر قبل وبعد استخدام الخوارزمية (Solver)

ما دالاله القيم (Distance to default)المستخرجة في تفسير مستوى المخاطر الائتمانية؟

٢.١- أهداف البحث

يسعى البحث إلى تحقيق جملة من الأهداف يمكن إجمالها بالآتي

تطبيق النموذج الهيكلي على عينة مكونة من خمس شركات باستخدام بيانات فعلية من السوق

تقدير القيمة السوقية لموجودات كل شركة باعتماد على القيمة السوقية لحقوق المساهمين وبيانات المطلوبات المالية

احتساب التقلب الضمني لموجودات الشركة من خلال تقلب عوائد الأسهم

قياس المسافة للتعثر بوصفها مؤشرا يعكس هامش الأمان المالي للشركة

استخراج احتمالية التعثر المتوقعة لكل شركة محل البحث

إجراء مقارنة تحليلية بين شركات عينات البحث لبيان اختلاف مستويات المخاطر الائتمانية فيما بينها

٣.١- أهمية البحث

تنبع أهمية البحث من عدة اعتبارات نظرية وعملية من أبرزها

١.٣.١- الأهمية النظرية

يساهم البحث في تعزيز الأدبيات المتعلقة بنماذج قياس المخاطر الائتمانية ولا سيما النماذج الهيكلية المستندة إلى نظرية تسعير الخيارات من خلال توظيف أنموذج يتـــــنبأ

بشكل كمي باعتماد على البيانات السوقية.

٢.٣.١- الأهمية التطبيقية

يوفر البحث أداة كمية يمكن أن يستفيد منها الباحثون والمحللون الماليون والمستثمرون في تقييم درجة المخاطرة المرتبطة بالشركات قبل اتخاذ قرار الاستثمار أو التمويل كما يمكن أن تساهم النتائج في دعم الجهات المالية والمصرفية في تقدير احتمالية التعثر بشكل أكثر دقة وموضوعية

٣.٣.١- الأهمية المالية

إن التنبؤ المبكر بالتعثر المالي يحد من انتقال العدوى المالية بين الشركات ويعزز من استقرار النظام المالي ككل لاسيما في الأسواق التي تتسم بدرجة كبيرة من الديناميكية.

٤.١- حدود البحث

يتحدد نطاق البحث ضمن الأطر الآتية:

١.٤.١- الحدود المكانية: تقتصر الدراسة على عينة مكونة من خمس شركات مدرجة في سوق الأوراق المالية الأمريكية

الشركة	تاريخ تأسيسها	طبيعة نشاطها	راس المال السوقي Market Cap
AKAMA	1998	خدمات الشبكات السحابية	14.79B
BLOCK	2009	تكنولوجيا مالية	30.81B
CLOUDFLARE	2019	خدمات الشبكات السحابية والامن السيبراني	58.01B
DEXCOM	1999	تصنيع الأجهزة الطبية	28.04B
DROPBOX	2007	خدمات الشبكات السحابية وتخزين السحابية	5.81B

٢.٤.١- الحدود الزمنية: تعتمد الدراسة على بيانات تاريخية متاحة لفترات (٢٠٢٥-٢٠١٥)

٣.٤.١- الحدود الموضوعية: يقتصر البحث على تطبيق نموذج الهيكلي (KMV) واستخدام خوارزمية (Solver)

٤,٤,١ الحدود البيانية : تعتمد الدراسة على بيانات أسعار الأسهم وعدد الأسهم القائمة والمطلوبات ضمن الهيكل المالي للشركة

٥,١ الأساليب المالية المعتمدة في البحث

يعتمد هذا البحث على النموذج الهيكلي لقياس مخاطرة التعثر الذي طوره Robert C. Merton 1974 حيث يقوم هذا النموذج على اعتبار حقوق المساهمين في بمثابة خيار شراء على موجودات الشركة ويستخدم هذا الإطار لقياس احتمالية التعثر من خلال تقدير القيمة السوقية لموجودات الشركة وتقلبها. ونظرا لعدم إمكانية ملاحظة قيمة الموجودات وتقلبها بشكل مباشر في السوق يتم استخدام خوارزمية (Solver) في برنامج Excel لحل نظام من المعادلات غير الخطية بهدف استخراج هذه القيمة الضمنية وذلك بالاعتماد على بيانات السوق المتمثلة بسعر السهم وتقلبه وهيكل رأس ماله وسيتم وفيما يلي عرض أهم مدخلات النموذج والمعادلات المستخدمة في احتساب احتمالية التعثر لحل المعادلات غير الخطية وسيتم عرض الخطوات وفق الآتي:

ترتيب حسب الاكسل	مدخلات نموذج KMV	المعادلات	الرموز	التفسير المالي
B3	Equity value VE	حاصل ضرب سعر السهم في عدد الأسهم	V_E= القيمة السوقية لحقوق المساهمين	تمثل القيمة السوقية لحقوق المساهمين وهي حاصل ضرب سعر السهم في عدد الأسهم

B4	B15	B12	B13
Equity volatility QE	**PD**	**d1**	**d2**
$\sigma_E = \sqrt{n} \times \sigma_B$ $\sigma_B = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(\mu_i - \bar{\mu})^2}$ P_i= سعر غلاق السهم في الفترةi P_{i-1}= سعر الإغلاق في الفترة السابقة μi = العائد اللوغارتمي في الفترة $\bar{\mu}$= متوسط العوائد اللوغارتمية η= عدد الفترات الزمنية المستخدمة في	**PD= N(-(ln(V/DPT) + (r-σ²/2)T)/(σ√T))** **N = التوزيع الطبيعي المعياري.** **r= معدل العائد الخالي من المخاطرة**	$=\frac{\left[ln\left(\frac{V_0}{D}\right) + \left(r^f + \frac{1}{2}\sigma_A^2\right)\right.}{(\sigma_A\sqrt{T})}$ **V_0= القيمة السوقية لحقوق** مساهمين **D= القيمة الاسمية للديون** **σ_A= تقلب عوائد حقوق المساهمين** **T=مدة استحقاق السند**	$d_2 = d_1 - \sigma_A\sqrt{T}$ $DD_t = \frac{log(V_t/K) + \left(r - \frac{1}{2}\sigma^2\right)\tau}{\sigma\sqrt{\tau}}$, **$\sigma_E$= تقلب عوائد حقوق المساهمين** **T=مدة استحقاق السند**
الانحراف المعياري لعوائد السهم السنوي أي المستوى المخاطر السوقية التي يتحملها المساهمون ويتم احتسابها إحصائيا من تباين عوائد الأسهم التاريخية اليومية(-2025 2015)	**تمثل تحويل (d2) الى احتمال**	**تمثل القيم المعيارية (d1,d2)المستخدمة في اشتقاق احتمال التعثر ضمن إطار حيث تعكس العلاقة بين قيمة الموجودات ونقطة التعثر بعد تعديلها بالتقلب والزمن وهي تعكس القيمة الاحتمالية قبل تصحيح**	**تمثل المسافة المعدلة بعد أخذ التقلب بعين الاعتبار وهي التأكيد الخطر الفعلي عند الاستحقاق**

B9	B10	B8	B21
حساب قيمة الموجودات Va	وتقلباتها	حساب نقطة التعثر DPT	حساب مسافة الى التعثر لنموذج Distance to Default
$V_E = V_A N(d_1) - e^{-rT} DN(d_2)$	$\sigma_E = \frac{V_d}{V_E} N(d_1)\sigma_d$	$DPT = STD + \frac{1}{2}LTD$	$DD = \frac{\left[ln\left(\frac{V_0}{D}\right) + \left(\mu + \frac{1}{2}\sigma_A^2\right)T\right]}{\left(\sigma_A\sqrt{T}\right)}$ $DD=d_2$
قيمة الموجودات الشرك وهي قيمة مجهولة يتم اعتبارها في بداية تطبيق النموذج صفر (أي تساوي قيمة حقوق المساهمين)لكن بعد تطبيق الخوارزمية يتم استخراج هذه القيمة عكسيا	$V_{A,}$ = القيمة الاسمية للديون σ_E = تقلب عوائد حقوق المساهمين T=مدة استحقاق السند	STD =الديون قصيرة الاجل LTD= الديون طويلة الاجل	σ_A = هو تقلب الموجودات μ= العائد المتوقع للأصول
تمثل الحد الحرج الذي إذا انخفضت الموجودات دونه يحدث تعثر	تقلب قيمة موجودات الشركة وهي أيضا قيمة مجهولة ويتم استخراجها بعد تطبيق الخوارزمية		الفرق بين(B13,B21) رغم تشابه المعادلات يستخدم (r)معدل خالي من المخاطرة(B13) . بينما يستخدم ال(U)العائد المتوقع للأصول (B21) (يقيس البعد عن التعثر بوحدات الانحراف المعياري

B22	**حساب تكرار التعثر المتوقع**	$EDF = N(-DD)$	**N = التوزيع الطبيعي المعياري.** **يمثل تحويل المسافة المعيارية إلى احتمال إحصائي باستخدام التوزيع الطبيعي التراكمي(وهي تعكس نسبة التعثر المتوقعة)**

مدخلات خوارزمية Solver

ترتيب حسب الإكسل	**مدخلات خوارزمية Solver**	**الغرض في المعايرة**	**المعادلات**	**التفسير المالي**
B17	Equit_ model	معادلة ربطVA,QA	$E = V * N(d_1) - D * \exp^{-rT} N(d_2)$	**تمثل العلاقة الهيكلية التي تصف حقوق المساهمين كخيار شراء على موجودات الشركة وتستخدم للاشتقاق قيمة الموجودات المجهولة**
B17	SIGMA Equit_ model	معادلة ربطVA,QA	$\sigma_E = N(d_1)\frac{V}{E}\sigma_V$	**توضح كيفية انتقال تقلب الموجودات إلى تقلب أسهم عبر الرافعة المالية**
B18	ERROR	دالة الهدف التي يتم تصغيرها	Squared Error = (E_model − E_market)² + (σ_E_model − σ_E_market)²	**تمثل مجموع مربعات انحرافات النموذج عن القيمة السوقية لكل من قيمة حقوق المساهمين وتقلبها ويتم تقليلها عدديا لاستخراجVA,QA لأن الدال**

- الترتيب مدخلات حسب برنامج الاكسل وتوجد نموذج عن العمل في نهاية هذا الورقة البحثية

٢- المبحث الثاني/ الإطار النظري

١.٢- المخاطرة الائتمانية

١.١.٢- مفهوم مخاطرة الائتمانية

تعد مخاطرة الائتمانية من أكثر أنواع المخاطرة تأثيرا في المؤسسات المالية، حيث تشير هذه المخاطرة إلى احتمال فشل الطرف المقابل، سواء كان مقترضا أو مصدرا للأوراق المالية، في وفاء بالتزاماته المالية في الوقت المحدد.(Liu & (2024;1 .et al كما تعرف المخاطرة الائتمانية بأنه احتمال تكبد المؤسسات المالية خسائر بسبب تعثر المقترض عن الوفاء بالتزاماته التعاقدية في مواعيدها المحددة (Saunders&Allen:2010) وهذا التعريف ينطوي على أبعاد متعددة حددها كل من (Duffie&Singleton:2003) في ثلاث عناصر متميزة أولها,: خطر التخلف عن السداد والثاني: خطر تدهور التصنيف الائتماني حتى وإن لم يصل إلى حد التخلف وثالثا: خطر اتساع فرق الائتمان في السوق مما يقلل قيمة الأوراق المالية الائتمانية في المحفظة الاستثمارية. لذلك كان لا بد من إيجاد نماذج تحد من خطر هذه العناصر، ومن أهم هذه النماذج: نماذج الاحتمالية الافتراضية التي تقسم إلى ثلاث مناهج رئيسية أولها نماذج البنية الهيكلية التي تنطلق من ديناميكية قيمة أصول الشركة وثانيها نماذج المختزلة التي تعامل التخلف بوصفه حدث عشوائي مستقل موصوف بدول الكثافة أما المنهج الثالث فهو منهج يجمع بين النماذج الهيكلية والنماذج المختزلة وتسمى النماذج الهجينة.

٢.١.٢ -نماذج الاحتمالية الافتراضية (العشوائية)

أحد الجوانب الرئيسية لتقييم مخاطرة الائتمانية هو تقدير احتمالية التخلف عن السداد للمقترض أو محفظة المقترضين. ان نماذج الاحتمالية الافتراضية هي أدوات رياضيه تهدف إلى تحديد احتمالية فشل المقترض في الوفاء بالتزاماته التعاقدية، مثل دفع الفائدة أو أصل القرض في الوقت المحدد. يمكن استخدام نماذج الاحتمالية الافتراضية لأغراض مختلفة، مثل تسعير المنتجات الائتمانية، ووضع حدود ائتمان، وحساب

متطلبات رأس المال، وإدارة التعرض لمخاطر الائتمان وقياس احتمالية التخلف عن السداد وتقييم مخاطرة الائتمانية. ومن اهم انواعها المختزلة والهيكلية والهجينة.

٣.١.٢ -النماذج الهيكلية (Structural Model)

تعتمد هذه النماذج على فكرة أن التخلف عن السداد يحدث عندما تنخفض قيمة أصول المقترض عن قيمة التزاماته. وان مدخلات هذا النماذج هي معلومات من الميزانية العمومية للمقترض، وبيان الدخل، وبيانات السوق لتقدير قيمة أصوله والتزاماته، ثم تشتق احتمالية التعثر عن السداد من المسافة إلى التخلف عن السداد(DD) ، يمكن للنماذج الهيكلية أن تتابع العلاقة بين السيولة المالية للمقترض وظروف السوق، ويمكن أن توفر قياسًا مستمرًا لاحتمالية التعثر ..(Castellacci & et al:2023) ومن أمثلة النماذج الهيكلية نموذجMerton ، ونموذج ,(1974) Merton .Black-COX, Geske (1977), Longstaff and Schwartz (1995),كما ان النماذج المهيكلة تعتمد على تحليل موجودات الشركة وهيكل رأس المال والتزاماتها المالية وتتميز بقدرتها على التفسير والتنبؤ من خلال تحليل التوازن المالي للشركة، وكذلك امكانيتها في تقييم علاقة هيكل رأس مال وبين المخاطرة التي قد تتعرض لها واحد اهم هذا النماذج هو انموذج.(KMV)

٤.١.٢ - نموذجKMV

يرتكز نموذج(KMV) في أساسه النظري على أنموذج الهيكلي الذي قدمه (Merton1974) والذي يستند إلى إطار تسعير الخيارات الـ(Black&Scholes1973) يقوم هذا النموذج على افتراض أن قيمة موجودات الشركة تتبع حركة عشوائية هندسية(Geometric Brownian Motion) وأن التعثر يحدث عند تاريخ الاستحقاق إذا انخفضت قيمة الموجودات عن مستوى الاتزامات ووفقا لهذا الإطار فإن المسافة إلى التعثر({DD} Distance to Default) تقاس بعدد الانحرافات المعيارية التي تفصل بين القيمة السوقية للموجودات ونقطة التعثر ويمكن التعبير عنها(Vasicek :2024;69)

$$DD_t = \frac{log\,(V_t/K) + (r - \frac{1}{2}\sigma^2)\,\tau}{\sigma\sqrt{\tau}}, \qquad \text{..... ١}$$

حيث ان:

Vt= القيمة السوقية لموجودات عند الزمن(T)

K= مستوى الدين أو نقطة التعثر

r= معدل العائد الخالي من المخاطرة

Qa= تقلب الموجودات

T= الآفاق الزمنية

وتقيس هذه المعادلة كم مرة يجب أن تنخفض قيمة الموجودات حتى تصل إلى مستوى الدين إذا كانت قيمتها كبيرة فآن الشركة بعيدة عن التعثر أما إذا كانت صغيرة فإن خطر التعثر مرتفع أما إذا كانت سالبة فإن شركة في حالة تعثر (Mathilde:2024;13) وقد بين (Merton:1974:449) أن احتمالات التعثر تساوي الاحتمال الشريط لوصول قيمة الموجودات إلى مستوى دون التزاماتها عند تاريخ الاستحقاق من خلال معادلة الاحتمالية، ويتم حسابها باستخدام التوزيع الطبيعي القياسي. اما معادلة:

PD = N(-DD) …….2

PD= N(-(ln(V/DPT) + (r- σ^2/2)T)/($\sigma\sqrt{T}$))

حيث ان :

PD=احتمالية التعثر

N()=التوزيع الطبيعي تراكمي

DD= المسافة إلى التعثر

Va= القيمة السوقية للموجودات

DPT=نقطة التعثر

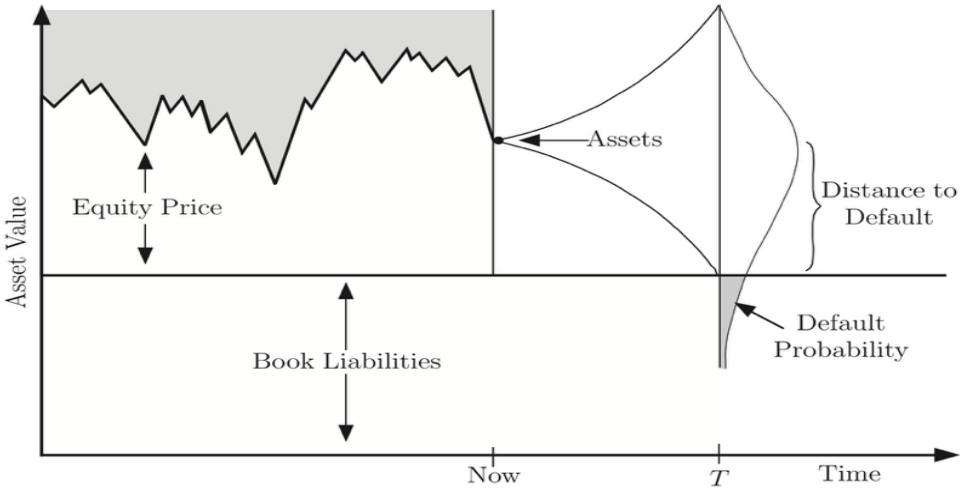
Qa= تقلب الموجودات

T= الآفاق الزمنية

المعادلة تعني إن احتمالية التعثر تعتمد على عنصرين رئيسيين المسافة بين قيمة الموجودات والدين إذا كانت قيمة الموجودات مرتفعة مقارنة بالدين فإن هناك احتمالية ان تنخفض هذا القيمة فتزداد المسافة إلى التعثر أما إذا كان التقلب مرتفعة يؤدي الى تقلل المسافة إلى التعثر ويزيد احتمال التعثر.

بينما يمثل الشكل(٢-١) الإطار المفاهيمي لنموذج (KMV) المستند إلى النموذج الهيكلي الذي قدمه (Merton:1974) حيث يوضح العلاقة بين قيمة الموجودات ،التزامات ،المسافة إلى التعثر. إذ يمثل المحور العمودي قيمة الموجودات Asset) (Valueوهي القيمة السوقية لإجمالي موجودات الشركة أما المحور الأفقي يمثل الآفاق الزمنية (T)وهي النقطة ألتي تمثل الآفاق الزمنية لتحليل {عادة سنة واحدة أو أكثر}، أما الخط الممدود في الوسط يمثل الإلتزامات أو قيمة الدين(DPT) وهو المستوى الذي نقارن به قيمة موجودات، لتحديد ما إذا كانت الشركة قادرة على الوفاء بالتزاماتها ،وتعد في أنموذج الهيكلي بمثابة نقطة التعثر. أما المسار المتذبذب في الشكل فهو سعر حقوق المساهمين(Equity Price) ووفقا للإنموذج الهيكلي فإن حقوق المساهمين تعد خيار شراء على قيمة الموجودات ولذلك فإن حركة سعر السهم تعكس ضمنيا حركة قيمة الموجودات، أما النقطة التي ينتقل عندها المسار من الجزء المتذبذب إلى التوزيع الاحتمالي يمثل قيمة الحالية الموجودات (Assets)عند الزمن الحالي(وهو توزيع احتمالي يعكس عدم تأكد حول القيمة المستقبلية للموجودات عند الزمن(T) ويعتمد هذا التوزيع على تقلب الموجودات ومعدل النمو المتوقع، أما القوس الموضح في الرسم فهو المسافة بين متوسط التوزيع الاحتمالي لقيمة الموجودات ونقطة التعثر {وتعرف هذه المسافة بإسم المسافة إلى التعثر(Distance to Default) وهي تقاس بعدد الانحرافات المعيارية التي تفصل القيمة المتوقعة للموجودات عن مستوى الالتزامات وكلما زادت هذه المسافة انخفضت احتمالية التعثر. أما المنطقة الواقع أسفل نقطة التعثر ضمن توزيع الاحتمالي تمثل احتمال التعثر(Default Probability) أي احتمال أن تكون قيمة الموجودات عند الزمن (T) أقل من مستوى الالتزامات (الدين)

(Duffie & Singleton:2003:54)



الشكل (٢-٢)

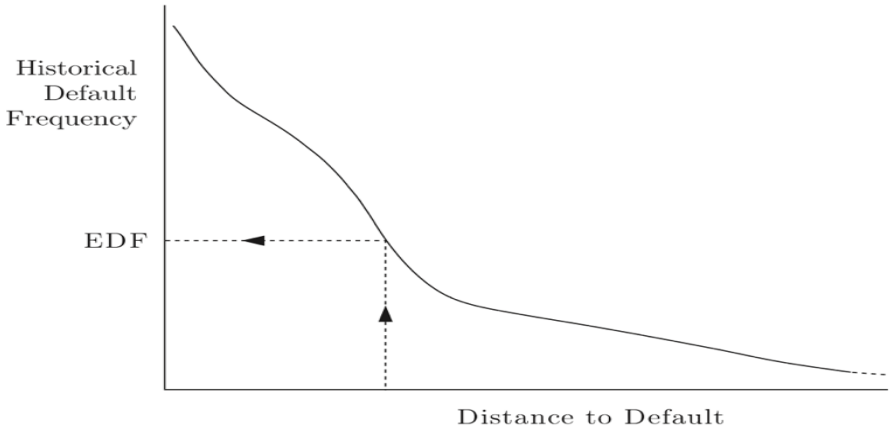
نموذج(KMV)

Duffie, D., & Singleton, K. J. (2003)p54. Credit risk: pricing, measurement, and management. Princeton university press.

اما الشكل (٢-٣) فقد أجابه عن التساؤل الجوهري في النموذج الذي مفاده هل إن الاحتمالية المحسوبة رياضيا تعكس فعلا نسبة التعثر التي تحدث في السوق؟ ومن هنا جاءت الإضافة المنهجية لكل من (Duffie & Singleton, (2003 فقد وضحى العلاقة بين المسافة الى التعثر (DD)التي تمثل المحور الأفقي والتكرار التاريخي للتعثر (Historical Default Frequency)الذي يمثل المحور العامودي، فبدلا من الاكتفاء باحتمال النظري N(DD-)يقوم أنموذج (KMV) بخطوة إضافية تعتمد على البيانات الفعلية فبعد حساب (DD)للشركة، يتم الرجوع إلى قاعدة البيانات التاريخية الواسعة والبحث عن شركات كانت تمتلك نفس القيمة تقريبا في الماضي ثم يتم قياس نسبة الشركات التي تعثرت فعليا خلال الفترة اللاحقة، وهذه النسبة الفعلية تعرف باسم(EDF) وبالتالي لا يتم استخدام التوزيع الطبيعي بشكل مباشر بل يتم إنشاء علاقة تجريبية:

EDF=f(DD).....3

وهي العلاقة التي تمثل المنحنى في الرسم وإن العلاقة بين (EDF)(DD)هي علاقة عكسية وغير خطية فكلما زادت المسافة إلى التعثر انخفضت نسبة التعثر الفعلية ،وكما أن الانخفاض في (DD)يؤدي الى ارتفاع حاد في (EDF)ما يعكس الحساسية العالية لمخاطرة التعثر عندما تقترب الشركة من نقطة الدين.



الشكل (٢-٣)

قيمة الموجودات المتوقعة(EDF)

Duffie, D., & Singleton, K. J. (2003)p59. Credit risk: pricing, measurement, and management. Princeton university press.

اما معادلة:

EDF = f(DD).....4

EDF= f(VA - DP)/(VA × σA))

حيث ان:

EDF= احتمال المتوقع للتعثر(التكرار المتوقع لتعثر)

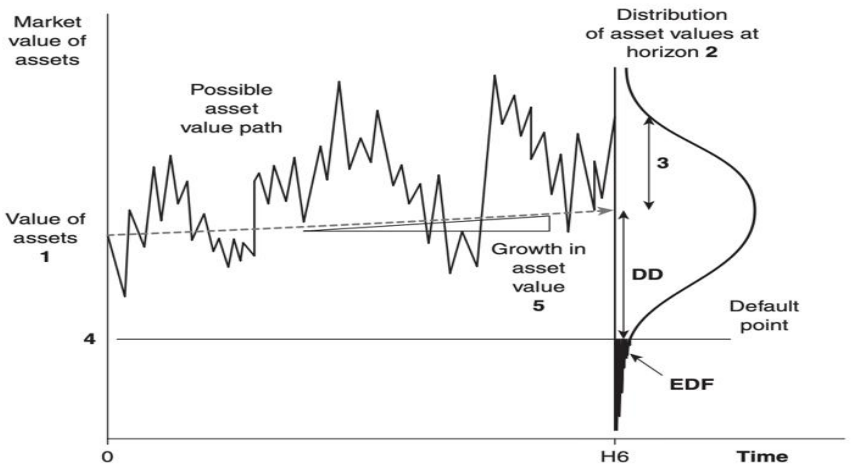
VA= قيمةالسوقية لموجودات

DP= نقطة التعثر

σA = تقلب الموجودات

DD= المسافة الى التعثر

تمثل المعادلة المرحلة التطبيقية في أنموذج (KMV) حيث يتم تحويل المسافة للتعثر من مقياس إحصائي مشتق من نموذج هيكلي إلى تكرار متوقع للتعثر (EDF)أي استخدام معايير تاريخية،اذ تعكس صيغتها ((VA - DP)/(VA × σA))البعد المالي لهذا التحول، اذ يمثل الفرق بين قيمة السوقية للموجودات ونقطة التعثر هامش الامان المتاح قبل التعثر، بينما تعكس تقلب الموجودات درجة عدم اليقين المرتبط به. وبذلك لا يعتمد التكرار المتوقع للتعثر (EDF)على التوزيع الطبيعي النظري كما في أنموذج (Merton)بل على معايير تجريبية تستند إلى بيانات فعلية مما يمنحها طابع تطبيق أكثر دقة في تقدير المخاطر الائتمانيةSilva:2024;12 ، وهذا موضح في الشكل (٢-٣)



الشكل(3-2)

(KMV,EDF)

Da Silva, M. C. (2024)P14. Credit Risk Modelling Under the Jarrow and Turnbull Model (Master's thesis, Universidade de Coimbra (Portugal)).

يعكس الشكل (٢-٣) الإطار المتكامل لنموذج(KMV) من لحظة احتساب قيمة الموجودات إلى احتساب التكرار المتوقع للتعثر فهو يوضح إن مخاطرة تعثر لا تعتمد فقط على حجم الدين،بل على العلاقة الديناميكية بين مستوى الموجودات ومعدل نموها

المتوقع ودرجة تقلبها وهي عوامل تتفاعل معا لتحديد ما إذا كانت الشركة قد تتعثر او لاتتعثر في المستقبل.

٥.١.٢- خوارزمية ال Solver لتقدير قيمة الموجودات وتقلبها في انموذجKMV

تعد خوارزمية ال Solver من أكثر الأدوات الإحصائية المتقدمة المستخدمة في نماذج المالية الكمية، اذ تعتمد على مبدأ التحسين التكراري لإيجاد قيم مجهولة التي تحقق معادلة أو مجموعة معادلات غير خطية، وتبرز اهميتها في أنموذج (KMV) لإيجاد القيم المجهولة ،اذ ان نموذج(KMV) يتضمن متغيرات مجهولة لا يمكن العثور عليها مباشرة في السوق الأمر الذي يجعل الحل التحليل المباشر غير ممكن.اذ يستند النموذج في تقدير مخاطرة التعثر نظام معادلتين يتضمنان مجهولين رئيسيان هما القيمة السوقية للموجودات وتقلبهاكما هو واضح في المعادلة النموذج التالية:

$$V_E = V_A N(d_1) - e^{-rT} X N(d_2) \quad \ldots\ldots 5$$

اذ تمثل هذه المعادلة الصيغة الهيكلية لتسعيير حقوق المساهمين ضمن إطار نموذج الخيار الحقيقي لموجودات الشركة حيث تشتق من منطق أن حملة الأسهم يمتلكون حقا مشروط بأداء موجودات الشركة وفق الإطار الذي وضعه (Black&schles:1973) وطور (MERTON:1974) لشركات،لذلك فإن حقوق المساهمين تعامل كخيار شراء على القيمة السوقية للموجودات .هذا هو المنهج الذي يقوم علية أنموذج (KMV)اذ يستخدم هذه المعادلة ضمن نظام غير خطي لاستخراج القيمة الضمنية لموجودات الشركة وتقلبها من بيانات السوق. إذ تفرض مساواة بين القيمة السوقية الفعلية لحقوق المساهمين والقيمة النظرية الناتجة عن المعادلة ومن خلال إجراء عددي تكراري)خوارزمية (Solver ليتم الوصول إلى تقدير تنبؤي يعكس المخاطرة التي قد تتعرض لها الشركة،وبذلك تتحول المعادلة من إطار تسعيري نظري إلى أداة تنبؤ مالي

تسمح بتقدير المتغيرات المجهولة التي يقوم عليها قياس مخاطرة التعثربعد ان يتم حساب التقلب أيضا من المعادلة التالية:

$$\sigma_E = \left(\frac{V_A N(d_1)}{V_E} \right) \sigma_A \quad \text{.....6}$$

اذ تعد هذه المعادلة القيد الثاني في نظام المعادلتين المستخدمتين لاستخراج المتغيرات المجهولة حيث تمثل قيمة يمكن تقديرها من بيانات العوائد السوقية للأسهم بينما يبقى تقلب الموجودات مجهول الأمر، ونظرا للطبيعة غير الخطية للعلاقة بين حقوق المساهمين والموجودات ضمن إطار أنموذج ميرتون فإن الوصول إلى حل دقيق يتطلب استخدام أسلوب عددي تكراري.Derbali & Hallara:2013;24 ، هنا يأتي دور خوارزميةSolver ،اذ تبدأ بقيمة ابتدائية تفرضها للمجهولين ثم تقوم بتعديلها تدريجيا عبر تكرار متتابع بهدف تقليل الفارق بين القيم المحسوبة نظريا والقيم السوقية الفعلية.و تعتمد هذه الآلية على تحديد دالة هدف تمثل مقدار الخطأ ثم تعمل خوارزمية على تصغير هذا الخطأ إلى أدنى مستوى ممكن ضمن شروط تقارب محددة بلاعتماد على المعادلة التالية :

$$\text{Squared Error} = (E_{model} - E_{market})^2 + (\sigma_{E_model} - \sigma_{E_market})^2 \text{.....7}$$

إذ تمثل هذه الدالة معيار المعايرة المستخدمة لتحديد القيمة الضمنية للموجودات عبر تقليل الانحراف الكلي بين القيمة النظرية والقيمة السوقية ومع كل دورة تكرارية يتم تحسين دقة التقدير إلى أن يتحقق الاستقرار العددي وتقترب القيم من الحل الأمثل).

(Bohn& Crosbie:2003:6,7وعليه فإن استخدام Solver في إطار نموذج (KMV) لا يمثل إجراء تقني ثانوي بل يعد خطوة محورية تمكن من استخراج القيم المجهولة ومن ثم احتساب مسافة إلى التعثر بدقة أعلى الأمر الذي يساهم في تعزيز موثوقية قياس احتمالية التعثر وتقييم المخاطرة الائتمانية بصورة كمية اعلى دقة.

٣- المبحث الثالث/ الإطار العملي

١.٣- التنبؤ بالمخاطر الائتمانية

سيتم في هذا الجزء تناول آلية التنبؤ بمخاطر الائتمانية للشركات عينات الدراسة وذلك من خلال تطبيق نموذج بوصفه أحد النماذج الهيكلية وتمت على القيمة السوقية في تقدير احتمالية التعثر ويهدف هذا التحليل إلى قياس قدرة الشركة على الوفاء بالتزاماتها المالية خلال آفاق زمنية محددة استنادا إلى البيانات السوقية المتوفرة وتستند عملية التنبؤ إلى تقدير القيمة السوقية الموجودات وتقلبها باعتبارها المتغيرين الأساسيين في تحديد مسافة التعثر لتعكس هذه المسافة بمقدار ابتعاد قيمة الموجودات الشركة عن نقطة التعثر والتي تمثل المستوى الذي تصبح عنده قيمة الموجودات غير كافية لتغطية إلتزاماتها وكلما انخفضت هذه المسافة ارتفع مستوى المخاطر الائتمانية والعكس صحيح ويعتمد النموذج في مرحلته التطبيق على استخدام خوارزمية لاستخراج القيم المجهولة ومن ثم احتساب مسافة تعثر وتحويلها إلى احتمالية تعثر متوقعة وبذلك يتم الانتقال من التحليل الوصف للبيانات إلى القياس الكمي الدقيق المخاطرة وعليه فإن هذا الجزء يركز على أرض نتائج التقدير والتحليلية وبيان تطور احتمالية التأثر عبر مدة الدراسة فضلا عن تفسير التغيرات المسجلة في ضوء تحركات القيمة السوقية والتقلبات المالية فيما يساهم في تقدير مؤشر كمي يعكس مستوى المخاطر الائتمانية للشركات محل الدراسة.

٢.٣- قياس احتمالية تعثر السندات(KMV)

يبين الجدول (٣:١) نتائج تطبيق نموذج (KMV)لقياس احتمالية تعثر شركات عينة الدراسة وذلك بالاعتماد على تقدير قيمة موجودات الشركة ومقارنتها مع نقطة التعثر(DPT) ومن ثم احتساب المسافة للتعثر(Distance to default) وتحويلها إلى احتمال تعثر متوقع (EDF) ويلاحظ إن تباين النتائج بين الشركات يعود بصورة أساسية إلى اختلاف هيكل رأس المال وحجم الالتزامات قصيرة الأجل ومستوى تقلب حقوق المساهمين إن هذه العوامل تؤثر بصورة مباشرة في تحديد نقطة التعثر وكذلك في تقدير قيمة الموجودات الضمنية.

الجدول (٣:١) نتائج تطبيق نموذج (KMV)

الشركة	سعر السهم SHARE PRICE	عدد الاسهم shares outstanding	القيمة السوقية لحقوق المساهمين Equity value VE	تقلب حقوق المساهمينQE
AKAMA	111.68	143087	15979956	0.32
BLOCK	57.3	59900	3432270	0.58
CLOUDFLARE	195	35189	6861855	0.67
DEXCOM	70	38486	2694020	0.49
DROP BOX	24.56	25874	635465	0.39

معدل الخالي من المخاطرة	الفترة الزمنية المتبقية لعمر السند T	DPT التعثر نقطة Defauit point	قيمة موجودات الشركة Va(solver)	تقلب الموجودات Qa (solver)	معامل(D1)
0.0347	1	234750	1816869	0.25	6.370363066
0.0366	0.328767123	475750	3902329	0.3	12.39001357
0.0358	0.575342466	227800	7085010	0.26	17.76738752
0.0347	2.334246575	62050	2751242	0.26	10.02224317
0.0347	1	160240	790240	0.28	5.962730749

تقلب حقوق الملكية SIGMA Equit_ model	Equit_ model	احتمال التعثر بعد تشغيل(solver) (PD)	احتمال التعثر قبل تشغيل(solver) (PD)	معامل (D2)
0.29	**15979956**	**8.24915E-10**	9.87E-09	**6.028994362**
0.34	**3432270**	**1.24571E-34**	1.31E-22	**12.21799892**
0.26	**6861855**	**2.02945E-69**	4.1187E-71	**17.57169108**
0.26	**2694020**	**3.04325E-22**	8.63221E-17	**9.628064547**
0.35	**635465**	**6.62804E-09**	6.25596E-23	**5.682730749**

الاحتمال المتوقع للتعثر (EDF)	المسافة الى التعثر Distance to Default	مقدار الخطأ ERROR
0	7.953834874	0.005087404
2.94873E-05	4.016876357	0.056033566
0	10.10974008	0.162900648
0	22.4742767	0.052587645
6.62804E-09	5.682730749	0.001785745

ففي شركة(AKAMA) بلغت قيمة موجودات الشركة بعد تطبيق الخوارزمية (Solver) (181168690686) دولار امريكي مقابل نقطة تعثر مقدارها (2347500000) دولار امريكي وهذا يعني إن قيمة موجودات الشركة تفوق التعثر بفارق كبير الأمر الذي انعكس على ارتفاع المسافة إلى التعثر الذي بلغه (10.55) انحرافا معياريا وهو مستوى مرتفعة يشيرا إلى ابتعاد الشركة عن منطقة الخطر المالي، مما نتج عنه احتمال تعثر متوقع مساوي تقريبا للصفر، أما النقطة الأهم هو احتمالية التعثر(PD)قبل وبعد تشغيل الخوارزمية، فقد بلغت احتمال التعثر قبل تشغيل الخوارزمية (8.4356E-09) وهو احتمال ضئيل جدا لأنه ناتج عن تقدير ابتدائي أو تقريبية لقيمة الموجودات وتقلبها، الا انه بعد تشغيل الخوارزمية تم إعادة تقدير قيمة الموجودات وتقلبها وفقا لمعادلة بلاك– شولز مما نتج عنه مسافة تعثر أكبر وأكثر دقة بعبارة أخرى إن الخوارزمية لم تغير الهيكل المالي للشركة وإنما أعادت معايرة المتغيرات الداخلية للنموذج بحيث أصبح قياس المخاطرة أكثر اتساق وأكثر دقة وهذا ما اتفق علية ميرتون عندما وضح ان كلما ارتفعت هذه المسافة انخفضت احتمالية التعثر بصورة غير خطية. ويجب الإشارة إلى إن قيمة نقطة التعثر (DPT) لم تتغير بعد تشغيل خوارزمية كونها تمثل التزام محاسبي قائم على هيكل الدين أما التغيير الذي ظهر كان في نتائج احتمالية

التعثر اي إعادة تقدير قيمة موجودات الشركة وتقلبها الضمني وبالتالي يمكن القول إن الشركة تتمتع بهامش أمان مرتفع جدا بين قيمة موجوداتها ونقطة التعثر وإن النتائج الخوارزمية عززت هذا الاستنتاج بدلا من أن تغير.

اما شركة BLOCK فيظهر الجدول أن القيمة السوقية لموجودات الشركة المقدرة ضمن إطار نموذج (KMV) بلغ (39018045201) في حين بلغت نقطة التعثر(4757500000) ولذلك فإن نسبة تغطية الموجودات لنقطة التعثر تعادل تقريبا (8.2)مرة ما يشير إلى وجود هامش أمان مالي جيد من حيث القيمة السوقية لموجوداتها مقارنة ب مطلوبات المستحقة، غير أن قوة المركز الائتماني لا تقاس بحجم الفارق القيمي فحسب وإنما بمدى استقرار هذه الموجودات تحت تأثير تقلبات السوق وهو ما ينعكس في انخفاض مسافة الى التعثر حيث بلغت (4.018755574) وهو مستوى أدنى بكثير من شركة AKAMA وهذا يعني ان الشركة لديها سيولة سوقية أقل متانة نسبيا وهي أكثر حساسية للصدمات السعرية أو التراجعات الحادة في قيمة السهم ويرجع ذلك إلى ارتفاع تقلب حقوق المساهمين إذا بلغ معدل التقلب (34%) سنويا وهو معدل يعكس درجة تذبذب مرتفعا نسبيا في القيمة السوقية للشركة الأمر الذي ينتقل أثره إلى تقدير قيمة الموجودات الضمنية ووفقا إطار الهيكل لنموذج مارتن فإن حقوق المساهمين يمثل خيار شراء (call option)على موجودات الشركة وبالتالي فإن ارتفاع تقلب السهم يزيد من حساسية القيمة تجاه تغيرات السوق ويضغط على المسافة إلى التعثر .أما النقطة المهمة التي تتعلق باحتمال التعثر فقد بلغت القيمة قبل استخدام خوارزمية (1.21337E-22) وهي قيمة ضئيلة للغاية وتعكس تقدير أول غير مستقر لقيمة الموجودات، اما بعد استخدام الخوارزمية وإعادة معايرة(تقدير) قيمة الموجودات وتقلبها بصورة متزامنة مع القيمة السوقية لحقوق المساهمين نلاحظ انخفض الاحتمالية إلى (1.16113E-34) إلى أن هذا الانخفاض لا يعكس تحولا فعليا في المركز الائتماني للشركة وإنما يعبر عن دقة أكبر في معايرة النموذج وربط المتغيرات الضمنية بهيكل رأس المال الفعلي بالسوق. النقطة الأخرى المهمة وهو انخفاض احتمال التعثر المتوقع(EDF) اذ بلغت القيمة عندما استخدمنا الخوارزمية (0) ورغم هذا الانخفاض في النسبة إلى أنها غير معدومة لمخاطرة التعثر بل

يعكس اتساع الفجوة بين القيمة السوقية للموجودات ونقطة التعثر ضمن الآفاق الزمنية المحددة فكلما اتسعت هذه الفجوة انخفضت احتمال الضمني للوصول لمستوى التعثر خلال فترة عمر السند.

تظهر نتائج شركة CLOUDFLARE ضمن إطار نموذج(KMV) اتساعا ملحوظا في الفجوة بين القيمة السوقية الموجودات ونقطة التعثر، إذ بلغت القيمة الموجودات المقدرة نحو(70844723442) دولار امريكي مقابل نقطة تعثر مقدرها (2278000000)دولار امريكي اي إن الموجودات تغطي مستوى التعثر في ما يقارب (31) مرة ضعفا هذا الاتساع يعكس قوة هيكل رأس المال من منظور هيكلي ويؤشر إلى وجود هامش أمان مرتفع يحول دون وصول القيمة المالية للشركة إلى مستوى التزام حرج خلال الآفاق الزمنية (مدة السند) ونلاحظ هذه القوة أوضح عند النظر إلى المسافة إلى التعثر التي بلغت نحو(10.12) انحرافا معياريا وهو مستوى مرتفع يعكس انخفاض احتمال انخفاض قيمة الموجودات إلى حد نقطة التعثر ضمن الفترة المتبقية فكلما اتسعت هذه المسافة تراجع احتمال الضمني للوصول إلى حالة تعثر وهو ما ينعكس مباشرة في قيمتي احتمالات التعثر قبل وبعد المعايرة، فقد بلغت احتمال التعثر قبل تشغيل خوارزمية نحو(3.30384E-71) وبعد إعادة معايرة قيمة الموجودات وتقلبها انخفض إلى (1.64357E-69) وهو مستويات متناهية الصغر من الناحية المالية، بما يعني أن الخطر الائتماني خلال فترة الاستحقاق يكون معدوم، أما احتمال التعثر المتوقع(EDF) فقد جاء قريب من الصفر وهو انعكاس مباشر لاتساع المسافة إلى التعثر وليس دليل على انعدام المخاطرة بصورة مطلقة بل أشار إلى أن احتمالية انتقال الشركة إلى وضع التعثر ضمن الفترة الزمنية المحددة يبقى ضعيف جدا مقارنة بحجم أصولها وعليه فإن هذا الشركة تتمتع بالمتانة الائتمانية عالية خلال فترة الزمنية المحددة.

أما بالنسبة للشركة DROP BOX اظهرت نتائج تطبيق نموذج إن القيمة السوقية المقدرة لموجودات الشركة بلغت (6359822650) دولار أمريكي في حين نقطة تعثر (1602400000)دولار أميركي وهو ما يعني أن موجودات الشركة تغطي التزاماتها الحرجة بما يقارب (3.97) مرة تقريبا ويعكس هذا المؤشر وجود هامش أمان مقبول من

الناحية الاسمية ،إذ إن قيمة الموجودات تفوق بكثير على مستوى الدين الذي يمثل نقطة التعثر وفق منظور الهيكلي للنموذج. كما بلغ تقلب حقوق المساهمين نحو(0.39045) أي ما يعادل (39.0%) سنويا وهو مستوى التقلب متوسط إلى مرتفع نسبيا وهو يعكس درجة حساسية سعر السهم تجاه تحركات السوق وتقلباته بالتالي فإن ارتفاع تقلب السهم ينعكس مباشرة على التقدير الضمني لتقلب الموجودات ويؤثر في ديناميكية المسافة إلى التعثر حتى وإن بقيت نسبة التغطية الاسمية جيدة .أما فيما يتعلق بمؤشرات الاحتمالية فقد بلغ احتمال التعثر قبل استخدام الخوارزمية (5.10474E-23) في حين انخفض بعد استخدام الخوارزمية إلى نحو(0.998217905) وهذا التغيير يعكس إعادة ضبط معلمات بما يتوافق مع العلاقة الغير خطية بين قيمة الموجودات وتقلبها من جهة والقيمة السوقية لحقوق المساهمين من جهة أخرى. كما إن المسافة إلى التعثر بلغت (2.914359678) وهي مسافة موجبة تعني إن قيمة الموجودات تبقى أعلى من نقطة التعثر بعدد من الانحرافات المعيارية، إلا أن هذا المستوى يعد أقل مقارنة بشركات عينة الدراسة ما يشير إلى أن هامش الأمان الائتمان أقل نسبيا رغم كفاية التغطية الإسمية. وقد انعكس ذلك أيضا على احتمال التعثر المتوقعة التي بلغت (0.998217905) وهو مستوى مرتفع نسبيا مقارنة بالشركات ذات المسافات إلى التعثر. كل هذه النتائج تشير إلى حساسية المركز الائتماني للتقلبات المستقبلية في قيمة الموجودات. يمكن القول إن الشركة تتمتع بهامش تغطية جيدة من منظور القيمة إلى أن الطبيعة تقلب حقوق المساهمين والمسافة إلى التعثر المحدودة لدى هذه الشركة تجعل مركزها الائتماني أكثر تأثرا بالصدمات السوقية ضمن الآفاق الزمنية لمحل الدراسة مقارنة بالشركات ذات المسافة الأكبر إلى التعثر.

شركة DEXCOM تشير نتائج نموذج (KMV) إلى أن القيمة السوقية المقدرة لموجودات الشركة بلغت (27505386487)دولارا أمريكيا في حين بلغت نقطة تعثر (DPT) (6205000000) دولارا أميركيا أي إن موجودات الشركة تغطي نقطة التعثر بما يقارب(٤٤ مرة) تقريبا ويعكس هذا المستوى وجود هامش أمان جيد من حيث المقارنة بين قيمة الموجودات والديون(المطلوبات الحرجة) كما قلنا سابقا أن التقييم الائتماني لا يتوقف عند نسبة التغطية فقط بل يرتبط أيضا بدرجة استقرار هذه الموجودات تحت تأثير

تقلب السوق إذ بلغت حقوق المساهمين(0.4928) أي إنه يعادل نحو (49.3%) سنويا وهو مستوى مرتفع نسبيا مقارنة ببعض الشركات الأخرى في العينة، الأمر الذي يعني أن القيمة السوقية لحقوق المساهمين (بوصفها خيار شراء ضمني على موجودات الشركة وفق الإطار الهيكلي للنموذج ميرتون) تتسم بحساسية أكبر تجاه الصدمة السعرية وإن هذا الارتفاع في التقلب ينتقل أثره إلى قيمة الموجودات الضمنية ويؤدي إلى تغيير هامش الأمان الديناميكي حتى وإن كانت نسبة التغطية الإسمية جيدة وقد نلاحظ انعكس ذلك على المسافة إلى التعثر التي بلغت (22.546) وهو مستوى مرتفع يشير إلى ابتعاد الشركة ماليا عن حد التعثر خلال الآفاق الزمنية المتبقية للاستحقاق مما يفسر الوصول احتمال التأثر المتوقع(EDF) إلى قيمة تقارب الصفر أما احتمال التعثر قبل المعايرة فقد كان في حدود (6.63729E-17) في حين انخفض بعد تشغيل الخوارزمية إلى(2.25556E-22) وهو انخفاض يعكس تحسن في دقة تقدير المعلمات وربطها بالقيمة السوقية الفعلية لحقوق المساهمين دون أن يعني تغيير جوهري في المركز الائتماني للشركة وعليه فإن الوضع الائتماني للشركة يظهر توازنا بين هامش تغطية جيدة من جهة ودرجة تقلب مرتفعة نسبيا من جهة أخرى وهذا يجعل احتمال الوصول الشركة لنقطة التعثر ضعيف للغاية في المدى القصير والمتوسط.

المصادر

Bond Defaults in China: Prediction using Machine Learning, Ui, Li Ge and Priscila Grecov 2024

Duffie, D., & Singleton, K. J. (2003)p54. Credit risk: pricing, measurement, and management. Princeton university press.

Da Silva, M. C. (2024)P14. Credit Risk Modelling Under the Jarrow and Turnbull Model (Master's thesis, Universidade de Coimbra (Portugal)).

Modeling Default Risk Peter J. Crosbie&Jeffrey R. Bohn

Wei, Q.; Li, L.P.; Dong, Z. Based on the KMV Model of the Corporate Bond Credit Risk Study. Commun. Financ. Account. 2016, 35, 89–92, 129.

Derbali, A. M. S & ,.Hallara, S. (2013). How the Default Probability is Defined by the Credit Portfolio Models: A Comparative Analysis between the Theoretical Structural Models .?Global Journal of Management and Business Research١)١٣ ,

Deng, L., Li, W., Liu, J., & Ouyang, Y. (2024). Credit risk of China's commercial banks based on the KMV model—taking 18 listed commercial banks as an example. Journal of Computational Methods in Sciences and Engineering, 24(6), 3446-3454

Saunders, A., & Allen, L. (2010). Credit risk management in and out of the financial crisis: new approaches to value at risk and other paradigms. John Wiley & Sons.

Milonas, N., & Van Vuuren, G. (2024). Simulating credit loss distributions: empirical versus the Vasicek model.

Merton, R. C. (1974). On the pricing of corporate debt: The risk structure of interest rates. The Journal of finance, 29(2), 449

Septiana, N. I., Katri, F. S. B. H., Ideris, A. B., & Noryatim, N. (2025). Estimating expected default probability and credit risk spread using the KMV Merton model: A case study of Bank Islam Malaysia Berhad. Jihbiz: Jurnal Ekonomi, Keuangan dan Perbankan Syariah, 9(1), 93-105.

Lin, L., Lou, T., & Zhan, N. (2014). Empirical study on credit risk of our listed company based on KMV model. Applied mathematics, 5(13), 2098.

الملاحق (نماذج عن العملي في برنامج الاكسل)

نموذج (١)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Date	Adj. Close	RETURN	ANNUALIZED VOLATILITY					
	02/01/2015	63.25000							
	05/01/2015	61.94000	-0.021						
	06/01/2015	60.67000	-0.021	0.325					
	07/01/2015	60.16000	-0.008						
	08/01/2015	61.57000	0.023						
	09/01/2015	60.78000	-0.013						
	12/01/2015	60.75000	-5E-04						
	13/01/2015	60.79000	7E-04						
10	14/01/2015	59.71000	-0.018						
11	15/01/2015	58.63000	-0.018						
12	16/01/2015	59.22000	0.01						
13	20/01/2015	59.65000	0.007						
14	21/01/2015	60.26500	0.01						
15	22/01/2015	60.64000	0.006						
16	23/01/2015	61.02000	0.006						
17	26/01/2015	61.17000	0.002						
18	27/01/2015	60.29000	-0.014						
19	28/01/2015	58.99000	-0.022						
20	29/01/2015	59.95000	0.016						
21	30/01/2015	58.15500	-0.03						
22	02/02/2015	58.49000	0.006						
23	03/02/2015	60.11500	0.027						
24	04/02/2015	59.95000	-0.003						
25	05/02/2015	60.49000	0.009						
	06/02/2015	61.13000	0.011						

نموذج (2)

	A	B	C
1	SHARE PRICE	111.68	
2	shares outstanding	143087000	
3	Equity value	15979956160	
4	Equity volatility QE	0.3246	
5			
6	Risk frre rate	0.0347	
7	T	1	
8	DPT	2347500000	
9	Va	18247395004	
10	Qa	0.258	
11			
12	d1	8.211834874	
13	d2	7.953834874	
14			
15	PD	9.04126E-16	
16	Equit_model	15979956160	
17	SIGMA Equit_model	0.294608312	
18	ERROR	0.000899501	
19			
20			
21	Distance to Default	7.953834874	
22	EDF	0	
23			
24			