آثار الاستثمار الاستراتيجي في البحث والتطوير في ميدان البيئة مع بيان الآثار غير المباشرة: حالة المنتجات المتمايزة[1]

نواف محمد الجليفي[2]

المستخلص:

تناول هذا البحث دراسة قرارات استثمار الشركات في البحث والتطوير في ميدان البيئة (ER&D)، مع إلقاء الضوء على المنتجات المتمايزة ورسوم الانبعاث. وقد طرح سيناريوهين هما: البحث والتطوير غير التعاوني في ميدان البيئة، والبحث والتطوير التعاوني في ميدان البيئة (التكتلات الاحتكارية). وأشارت النتائج إلى أنه عندما تكون المنتجات متمايزة، فإن البحث والتطوير التعاوني في ميدان البيئة يُثمر عن مستويات أعلى من الاستثمار، وأنظمة قانونية بيئية أقل صرامة، ورفاه اجتماعي أعلى، وأرباحًا أعلى منه في حالة المنتجات المتماثلة. وتتأتى هذه الثمار عندما تكون تكلفة الاستثمار في البحث والتطوير في ميدان البيئة عالية بالقدر الكافي. فضلًا عن ذلك، تتحسن فوائد الانتفاع المجاني من الأنظمة القانونية البيئية الأقل صرامة بفضل المنتجات المتباينة؛ وبالتالي، فإنه يكون دافعًا للشركات على خفض الاستثمار في البحث والتطوير غير التعاوني في ميدان البيئة عند انتاج منتجات متمايزة إلى حد كبير ذات آثار غير مباشرة كبيرة.

الكلمات المفتاحية: تنويع السلع؛ نموذج كورنوت للاحتكار الثنائي؛ المعلومات الوافية؛ التكتلات الاحتكارية للبحث والتطوير البيئي: تصنيف مجلة الأدب الاقتصادي (JEL): C71; C72; O32; L13; Q28

---

(1) ملخص لرسالة دكتوراه من جامعة ولاية واشنطن (Washington State University) أجيزت ومنحت الدرجة في يونيو 2022م.
إشراف: آنا إسبينولا – أريدوندو (Ana Espinola)
anaespinola@wsu.edu

(2) باحث الدكتوراه، كلية العلوم الاقتصادية، جامعة ولاية واشنطن، بولمان، WA 99164، الولايات المتحدة الأمريكية.
nawwaf.aljulaifi@wsu.edu

1. مقدمة

مع تقدم الوقت الوقت، ازدهر مجال البحث والتطوير في ميدان البيئة (ER&D) بصورة كبيرة. وخير مثال على ذلك، ارتفاع إجمالي الاستثمار العالمي في البحث والتطوير في ميدان البيئة من 722 مليار دولار أمريكي في عام 2000 إلى 2.2 تريليون دولار أمريكي في عام 2020[1]. وتعزو هذه الزيادة إلى تطبيق السياسات التي تشجع الشركات على التعاون في البحث والتطوير في ميدان البيئة. ومن الأمثلة على ذلك، في عام 1984، سُنَّ القانون الوطني للبحث التعاوني (NCRA) في الولايات المتحدة وذلك لفائدة تعزيز أنشطة البحث والتطوير التعاوني في ميدان البيئة؛ وعلى إثر ذلك، ضخت الشركات في عام 2017 استثمارات وتمويل بلغت في مجموعها 548 دولارًا أمريكيًا كان للبحث والتطوير البيئي بوجه عام نصيب الأسد منها وتركز غالبيتها في البحوث التطبيقية والتطوير التجريبي. وتُعد البرامج الإطارية للبحث والتطوير التكنولوجي (FPI)، والتي أنشأها الاتحاد الأوروبي لتمويل وتشجيع البحث والتطوير في ميدان البيئة مثالًا آخر على ذلك. علاوة على ذلك، تشجع الحكومات في هذه الدول مشاريع البحث والتطوير في ميدان البيئة المشتركة بين المؤسسات والشركات التابعة.

قدمت العديد من الأوراق البحثية دراسات نظرية تناولت أنشطة البحث والتطوير التعاوني وغير التعاوني في ميدان البيئة مع إلقاء الضوء على المنتجات المتماثلة. وكانت هذه الدراسات النظرية قائمة على توسيع أو تعديل العمل الأساسي الذي قام على تطويره كل من دي اسبرمونت وجاكومين (1988)، حيث يختار الاحتكار الثنائي أولًا نفقات البحث والتطوير في ميدان البيئة ثم تكمل في سوق المنتجات. وحلل سوزومورا (1992) آثار البحث والتطوير في ميدان البيئة للتكتلات الاحتكارية والمشاريع البحثية المشتركة (RJV) على الشركات المشاركة في نموذج منافسة كورنوت أو بيرتراند للاحتكار الثنائي في سوق المنتجات الخاص بها. وقد قدم كل من بتراكيس وبوياغو-ثيوتوكي (2002) دراسة لسياستين تكنولوجيتين لدعم البحث والتطوير في ميدان البيئة والتعاون في البحث والتطوير في ميدان البيئة مع بيان الآثار غير المباشرة والتلوث في نموذج الاحتكار الثنائي حيث تنتج الشركات سلع متماثلة. ودرس مونترو (2002) دوافع الشركات للاستثمار في البحث والتطوير في

1 NCES، الأنماط الوطنية لموارد البحث والتطوير البيئي. مؤشرات 2020: البحث والتطوير البيئي؛ مؤشرات 2020: البحث والتطوير البيئي الأكاديمي

ميدان البيئة في ظل نموذج كورنوت وبيرتراند مع الأدوات المختلفة للسياسة البيئية (معايير الانبعاث والضرائب والتصاريح القابلة للتداول والتصاريح المُباعة بالمزاد العلني) والمنتجات المتماثلة.

حلل نيموبونا وبنشكرون (2014) الدوافع وراء البحث والتطوير التعاوني وغير التعاوني في ميدان البيئة في سوق الاحتكار الثنائي في حالة المنتجات المتماثلة. وتوصلا إلى أن الرفاه الاجتماعي في ظل البحث والتطوير التعاوني في ميدان البيئة أعلى منه في ظل البحث والتطوير غير التعاوني في ميدان البيئة لكن الربح أقل. ودرس أوشيدا وغوتو (2016) الاحتكار الثنائي في ظل نموذج كورنوت مع تكنولوجيا المصب (لمعالجة التلوث) في حالة المنتجات المتماثلة. حيث درسوا أربعة أنواع من البحث والتطوير في ميدان البيئة هي: التكتلات الاحتكارية للمشاريع المشتركة في مجال البحث البيئي، والتنافس في مجال البحث والتطوير في ميدان البيئة، والتكتلات الاحتكارية في مجال البحث والتطوير في ميدان البيئة والمشاريع المشتركة المتنافسة في مجال البحث البيئي. كما قدم ستراندهولم وآخرون (2018) تحليلًا تناول قرارات استثمار الشركات بشأن خفض تكاليف البحث والتطوير في ميدان البيئة عندما فرضت الجهات التنظيمية نوعين مختلفين من الرسوم (الرسوم الموحدة والمعتمدة على النوع)، وتنافست الشركات في الكميات. وأظهروا أن الرفاه الاجتماعي، بلا أدنى شك، أعلى في ظل نظام الرسوم المعتمدة على النوع عن غيره. درس كل من هارونا وجويل (2018) نموذج الاحتكار الثنائي المختلط (الشركات العامة والخاصة) التي تنتج سلع متماثلة. ودرسوا تأثير خصخصة شركات القطاع العام على الاستثمارات في البحث والتطوير في ميدان البيئة. وختامًا، درس فوجيوارا (2009) الآثار المترتبة على تغير الأضرار البيئية على استثمار الشركات في البحث والتطوير في ميدان البيئة.

وقد توصلت الدراسات السابقة إلى نفس النتائج الرئيسية وهي أن: البحث والتطوير في ميدان البيئة والرفاه الاجتماعي في ظل السيناريو التعاوني أعلى من البحث والتطوير في ميدان البيئة التنافسي في ظل المنتجات المتماثلة. ومن ثم، فإن المساهمة الرئيسية لهذه الورقة البحثية تتمثل في تحديد الحالات التي تنطبق عليها هذه النتيجة عندما تكون المنتجات متمايزة. أو بعبارة أخرى، هل تنويع المنتجات يعزز التنافسية في مجال البحث والتطوير في ميدان البيئة؟

ثمة سؤال مهم ووثيق الصلة بهذا الموضوع وهو: هل يمكن تحقيق التعاون التام بين شركات البحث والتطوير في ميدان البيئة عندما تكون المنتجات متمايزة؟ ترجع أهمية تحليل المنتجات المتمايزة إلى أن غالبية الصناعات تنتج عددًا كبيرًا من

السلع المتشابهة غير المتطابقة. ويمكن بسهولة ضرب عدة أمثلة على ذلك؛ نأخذ منها شركة تصنيع السيارات الكهربائية الأمريكية التي تنتج سيارات كهربائية بها العديد من الخصائص الفريدة التي تجعلها مميزة عن غيرها من السيارات التي تنتجها شركة فورد أو تويوتا.

تعرضت بعض لدراسة الأبحاث قرارات استثمار الشركات في ظل المنتجات المتمايزة لكن في ظروف مختلفة عن الدراسة التي تناولها هذه الورقة البحثية. فعلى سبيل المثال، درس موتا (1992) خيار البحث والتطوير عندما تتنوع المنتجات رأسيًا دون الأنظمة البيئية. ودرس بتراكيس وبوياغو-ثيوتوكي (2002) شركتان من الشركات المولدة للتلوث تنتجان منتجات متمايزة. يمكن للشركات تقليل انبعاثاتها من خلال القيام بأنشطة الحد من التلوث. ومع هذا، درسوا الالتزام التام وعدم الالتزام في الجزء المتعلق بالأنظمة البيئية. وقدم كابون- ديرسن (2008) دراسة بشأن المنتجات المتمايزة في حالتين: الحالة غير التعاونية، التي تتنافس فيها الشركات في مجال البحث والتطوير في ميدان البيئة وكذا في سوق المنتجات، والحالة التعاونية التي تُجري فيها الشركات البحث والتطوير في ميدان البيئة في مختبرات مشتركة وتتحد في سوق المنتجات في ظل غياب التلوث. بيد أنهم لم يأخذوا في الاعتبار وجود سياسة بيئية. قدم فوجيوارا (2009) دراسة تناولت الآثار المترتبة على تمايز المنتجات على السياسات البيئية (رسوم الانبعاث وسياسات الشركات التابعة)، وتجاهل الآثار المترتبة على قرارات الاستثمار في البحث والتطوير في ميدان البيئة. وتوصل إلى أن تمايز السلع والدخول الحر لهما دور مهم للغاية في تحديد السياسات البيئية. درس زينغ وآخرون (2021) شركتان من الشركات المولدة للتلوث تنتجان منتجات متمايزة أفقيًا. حيث ركزا دراستهم على تأثير معدل ضرائب الانبعاث على خيارات المخاطر في البحث والتطوير في ميدان البيئة للتكتلات الاحتكارية وفقًا لنموذج كورنوت وبيرتراند.

ووفقًا لما لدينا من معرفة، لم يقدم أي عمل مقارنة بين البحث والتطوير التعاوني وغير التعاوني في ميدان البيئة فيما يتعلق بالمنتجات المتمايزة في عدم وجود رسوم الانبعاث. وبناءً على ذلك، تهدف هذه الورقة البحثية إلى توسيع تحليل بوياغو-ثيوتوكي (2007). التي درست سوق الثنائيات الاحتكارية فيما يتعلق بالمنتجات المتماثلة، حيث توجه جهود البحث والتطوير في ميدان البيئة من أجل خفض تكلفة انبعاثات الملوثات الضارة. وعلى غرار بوياغو-ثيوتوكي (2007)، قمنا بدراسة لعبة من ثلاث مراحل حيث تختار الشركات جهود البحث والتطوير في ميدان البيئة الخاصة بها في المرحلة

الأولى، وفي المرحلة الثانية تختار الجهة المنظمة تحديد رسوم الانبعاث، وفي المرحلة الثالثة والأخيرة، تتنافس الشركات في الكمية، حيث يمكن للشركات انتاج سلع متمايزة.

وقد توصلنا إلى أن تمايز المنتجات يؤدي إلى ضخ المزيد من الاستثمارات في مجال البحث والتطوير غير التعاوني في ميدان البيئة. علاوة على ذلك، تبين لنا أنه في سياق البحث والتطوير غير التعاوني في ميدان البيئة، تدفع الآثار غير المباشرة العالية الشركات على خفض استثماراتهم. وجدير بالذكر أن تمايز المنتجات يجعل هذا التخفيض في الاستثمارات أكثر حدة منه في حالة السلع المتماثلة. ويعتبر وجود أنظمة بيئية هو العامل الرئيسي لتعزيز هذه النتيجة. وعلى وجه الخصوص، تُخفّض رسوم الانبعاث في حالة تمايز المنتجات؛ ومن ثم، فالشركات التي تنتج سلع متمايزة إلى حد كبير تواجه أنظمة أقل صرامة، وبإضافة الأثار غير المباشرة العالية، فإن ذلك يدفعهم إلى ضخ استثمارات اقل في البحث والتطوير في ميدان البيئة.

فضلًا عن ذلك، تبين لنا أن زيادة الآثار غير المباشرة يؤدي بدوره إلى زيادة الرفاه الاجتماعي، بغض النظر عن درجة تمايز المنتجات. وتبين لنا أيضًا أن تمايز المنتجات يؤثر بالإيجاب على الاستثمار التعاوني في البحث والتطوير في ميدان البيئة. وهكذا، فإن الاستثمار في البحث والتطوير في ميدان البيئة يكون أعلى عندما تقرر المؤسسات اتباع النموذج التعاوني بدلًا من غير التعاوني، ويبرز تمايز المنتجات هذا الاختلاف في الاستثمار. وتشير المقارنة التي أجريناها بين البحث والتطوير التعاوني وغير التعاوني في ميدان البيئة إلى أن الاستثمار التعاوني في البحث والتطوير في ميدان البيئة أعلى من الاستثمار غير التعاوني في البحث والتطوير في ميدان البيئة عندما تكون تكاليف الاستثمار عالية بالقدر الكافي. وبالتالي، يمكن تشجيع التقنيات النظيفة الباهظة الثمن في الصناعات الملوثة مع السلع المتمايزة من خلال تشجيع الاستثمار التعاوني في البحث والتطوير في ميدان البيئة. فضلًا عن ذلك، يبرز تمايز المنتجات هذا الاختلاف نظرًا لأنه يخفف من شرط تكاليف الاستثمار في البحث والتطوير في ميدان البيئة. كما تبين أن رسوم الانبعاث في ظل البحث والتطوير التعاوني في ميدان البيئة أقل إرهاقًا منها في ظل البحث والتطوير غير التعاوني في ميدان البيئة. وهذه نتيجة مباشرة لزيادة الاستثمار في البحث والتطوير في ميدان البيئة في الأولى أكثر من الأخيرة.

وقد نظّمنا هذه الورقة البحثية على النحو التالي. قدمنا في القسم رقم 2 النموذج المستخدم في البحث. ويستعرض القسم رقم 3. استخلاص التوازن المثالي للألعاب الفرعية عندما تُجري

الشركات البحث والتطوير في ميدان البيئة بطريقة تعاونية وغير تعاونية. أما في القسم رقم 4، فقد أجرينا مقارنة تفصيلية لسيناريوهين البحث

2. النموذج

لنفرض أن شركتين (الشركة "ط"، والشركة "ي") تنتجان منتجات متمايزة. ويتنافسان في الكمية بنفس هيكل التكلفة وتقنية تقليل الانبعاثات. تكون خصائص دالة الطلب العكسي لكلتا الشركتين على النحو التالي:

$$p_i = 1 - q_i - \lambda q_j \quad \text{و} \quad p_j = 1 - q_j - \lambda q_i \qquad (1)$$

حيث ترمز كل من p_i و p_j إلى الأسعار، أما q_i و q_j فهي مستويات المخرجات التي تنتجها كل من الشركتين "ط" و "ي" على التوالي. ونشير إلى المعلمة بالرمز λ في المعادلة رقم (1) باعتبارها درجة تمايز المنتج حيث $\lambda \in$ (صفر،1). إذا كانت λ = صفر فهذا يُعني أن المنتجات متمايزة كليًا، وعند λ = 1 تكون المنتجات متماثلة.

لنفرض أن هاتان الشركتان تولدان تلوث تفرض عليه الجهة التنظيمية ضرائب. أي رسوم الانبعاث t. بيد أنه بإمكان الشركان تقليل الانبعاثات من خلال إجراء البحث والتطوير في ميدان البيئة، z_i و z_j . إذن، فتكون كل من دالة التكلفة ودالة صافي الانبعاثات واحدة لكلتا الشركتين "ط" و "ي" كما يلي:

$$c_i(q_i, z_i) = c_i q_i + \left(\frac{\gamma z_i^2}{2}\right) \qquad (2)$$

$$e_i(q_i, z_j) = q_i - z_i - \beta z_j \qquad (3)$$

حيث c_i هي وحدة تكلفة الإنتاج. والمعلمة γ تُحدد فعالية تكنولوجيا البحث والتطوير في ميدان البيئة ($\gamma > 0$). وتعني القيمة المنخفضة للمعلمة γ ارتفاع فعالية تكلفة البحث والتطوير. ويُرمز إلى جهود البحث والتطوير في ميدان البيئة للشركتين "ط" و "ي" بالرمزين، z_i و z_j على التوالي. وكلا الشركتين تستخدم تكنولوجيا المصب للحد من التلوث[2]. والحد الثاني من المعادلة (2) هو نفقات البحث والتطوير في ميدان البيئة، وهي تُعني أنه بإنفاق مبلغ وقدره $\left(\frac{\gamma z_i^2}{2}\right)$ في البحث والتطوير، يمكن للشركة "ط" تقليل انبعاثاتها بمعدل z_i. ونفقات البحث والتطوير في ميدان البيئة تربيعية، $\frac{\partial c_i}{\partial z_i} = \gamma z_i > 0$ ، مما يشير إلى أن جهود البحث والتطوير في ميدان البيئة وعرضنا النتائج الرئيسية التي توصل لها البحث، وفي القسم رقم 5 قدمنا الملاحظات الختامية.

2 عادة ما تطبق تكنولوجيا المصب كمرحلة أخيرة قبل توصيل التدفق. علاوة على ذلك، لا تغير تكنولوجيا المصب الانبعاثات الأولية لكل وحدة من المخرجات؛ بيد أنها تقلل صافي الانبعاثات في المصب.

والتطوير في ميدان البيئة المرتفعة تتطلب تكلفة مرتفعة. علاوة على ذلك، إذا اعتبرنا أن الشركة "ط" تحقق فوائد ليس من جهود البحث والتطوير في ميدان البيئة فقط وإنما من الشركة "ي" أيضًا بمبلغ وقدره $\beta = (0 \leq \beta \leq 1)$.

في هذا السياق تُشير β إلى الآثار الجانبية للبحث والتطوير البيئي. وإذا كانت β = صفر، تكون الآثار الجانبية غير موجودة. لكن إذا كانت β = 1 فهذا يدل على أن الاثار الجانبية كاملة. أما المعادلة رقم (3) فهي صافي الانبعاثات للشركة "ط" والشركة "ي". ويعتمد صافي الانبعاثات على مستويات الناتج وجهود البحث والتطوير في ميدان البيئة، حيث تخلف الشركتان تلوثًا أثناء عملية التصنيع. إذن، فسياسة الأنظمة البيئية تساعد على تخفيف الآثار السلبية للتلوث بفرض رسوم انبعاث. ولأن التلوث يُنتج عوامل خارجية سلبية، تُمثل الأضرار البيئية والرفاه الاجتماعي بالمعادلة التالية: $\mathrm{ED} = d(e_i + e_j)^2 \equiv dE^2$ حيث $E = e_i + e_j$ (4)

في هذه المعادلة، يمثل d الضرر الهامشي (يحدد شدة الضرر البيئي)، و e_i و e_j هما صافي انبعاثات الشركتين "ط" و "ي" على التوالي. نفرض أن $d > \frac{1}{2}$ لضمان رسوم انبعاثات إيجابية[3]. ويُحدد الرفاه البيئي بمجموع فائض المنتج، PS، وفائض المستهلك، CS، وإجمالي عائد الضريبة، T، مطروحًا منه الضرر البيئي، ED، في هذه الحالة تحصل الجهة التنظيمية على ناتج المعادلة:

$$\max_{t \geq 0} SW = PS + CS + T - ED$$

3. تحليل التوازن

على غرار بوياغو-ثيوتوكي (2007)، قمنا بدراسة لعبة من ثلاث مراحل واستخلصنا التوازن المثالي للعبة الفرعية باستخدام الاستقراء الاسترجاعي. ودرسنا سيناريوهين هما: البحث والتطوير غير التعاوني في ميدان البيئة والتعاوني كما جاء في الجدول رقم 1. في المرحلة الأولى، اختارت كل من الشركتين "ط" و "ي" استثمارهما في البحث والتطوير في ميدان البيئة، z_i و z_j بتكلفة $\frac{\gamma z_i^2}{2}$. وفي المرحلة الثانية، اختارت الجهة التنظيمية تحديد رسوم الانبعاث t، لزيادة الرفاه الاجتماعي. وفي المرحلة الثالثة والأخيرة، تتنافس كل من الشركتين "ط" و "ي" في الكميات، q_i و q_j. بعد ذلك يمكننا استخلاص تباينات التوازن وإجراء عمليات محاكاة عددية. في المحاكاة العددية الأولى، درسنا أثر تمايز المنتجات على نتائج التوازن. وفي المحاكاة العددية الثانية، درسنا الأثر على نتائج التوازن إذا كانت درجة الآثار الجانبية متباينة. وأخيرًا، أظهرت المحاكاة العددية الثالثة نتائج التوازن إذا كانت الفعالية متباينة.

3 تضمن هذه الفرضية حلًا داخليًا لمرحلة البحث والتطوير (انظر بوياغو-ثيوتوكي (2007)، ص 66

الجدول رقم 1: السيناريوهان	
السيناريو	**مرحلة البحث والتطوير في ميدان البيئة**
تنافس البحث والتطوير في ميدان البيئة (حالة البحث غير المتعاون)	تقرر كل شركة ("ط"، و "ي") مستوى استثمارها في البحث والتطوير في ميدان البيئة لزيادة ربحها الخاص بالنظر إلى استثمارات البحث والتطوير في ميدان البيئة للمنافس.
التكتلات الاحتكارية للبحث والتطوير البيئي (حالة البحث التعاوني)	تنسق كل شركة ("ط"، و "ي") مستوى استثمارها في البحث والتطوير في ميدان البيئة لزيادة الارباح المشتركة.

1-3. البحث والتطوير غير التعاوني في ميدان البيئة

3-1-أ. المرحلة الثالثة

في المرحلة الثالثة، اختارت الشركة "ط" مستوى مخرجات يزيد من أرباحها؛

$$\max_{q_i} \pi_i = (\alpha - q_i - \lambda q_j) q_i - c_i q_i - t\,(q_i - z_i - \beta z_j)$$

مع مراعاة شروط الدرجة الأولى فيما يتعلق بـ qj نحصل على دالة أفضل استجابة $q_i(q_j) = \frac{A-\lambda q_j}{2} - \frac{t}{2}$ حيث $A \equiv \alpha - c$. دالة أفضل استجابة تتناقص في *t*، مما يعني أن الشركة "ط" تقلل مخرجاتها نظرًا لأن رسوم الانبعاث تصبح أكثر صرامة. $\frac{\partial q_i}{\partial t} = -\frac{1}{2} < 0$.[4] ترد كافة الإثباتات في الملحق.

المأخوذ 1. في المرحلة الثالثة تختار كل شركة المخرجات التالية:

$$q_i = \frac{A-t}{2+\lambda} \qquad (5)$$

ينخفض توازن المخرجات في رسوم الانبعاث،*t* . ومع هذا، بينما تصبح المنتجات أكثر تمايزًا، أي، λ = 1، تزداد الكمية. لاحظ أن توازن المخرجات تتطابق مع ما جاء في بوياغو-ثيوتوكي (2007)

3-1-ب. المرحلة الثانية

لأغراض التمثيل، توصلنا إلى رسوم الانبعاث في خطوتين. أولًا، حددنا المخرجات المثالية الاجتماعية q^{so}. ونحصل على هذه المخرجات من المعادلة $\max_{q_i, q_j \geq 0} SW(q_i, q_j)$

4 لاحظ أن شروط الدرجة الثانية من زيادة الربح ثابتة، لأن المشتق الثاني لدالة الربح لكل شركة هو $\frac{\partial^2 \pi_i}{\partial q_i^2} = -2 < 0$

$$= \overbrace{2(q_i+q_j)A - \frac{\gamma z_i^2}{2} - \frac{\gamma z_j^2}{2} - 2\lambda(q_i+q_j)^2}^{\text{PS + CS}} - \overbrace{\frac{1}{2}d(2(q_i+q_j)-(1+\beta)(z_i+z_j))^2}^{\text{ED}}$$

في المأخوذ التالي قدمنا رسوم الانبعاث التي تحدث على الوصول إلى مستوى مخرجات اجتماعية مثالي.

المأخوذ 2. المستوى المثالي للمخرجات الاجتماعية ورسوم الانبعاث هي

$$q^{so}(z_i,z_j) = \frac{\alpha-c+d(z_i+z_j)+(1+\beta)}{1+2d+\lambda} \quad (6)$$

$$t(z_i,z_j) = \frac{\alpha(2d-1)+c(1-2d)-(1+\beta)d(2+\lambda)(z_i+z_j)}{1+2d+\lambda} \quad (7)$$

تكون الكمية إيجابية لكافة قيم المعلمات ورسوم الانبعاث إذا كانت

لاحظ أن توازن المخرجات ورسوم الانبعاث

$$d > \frac{a-c}{2(a-c)-(1+\beta)(2+\lambda)(z_i+z_i)}$$

تتطابق مع ما جاء في بوياغو-ثيوتوكي (2007) عند λ = 1. تؤدي الزيادة في استثمار الشركة في البحث والتطوير في ميدان البيئة إلى انخفاض متناسب في رسوم الانبعاث. علاوة على ذلك، فإن الزيادة في الآثار الجانبية تقلل رسوم الانبعاث، و، إذا أصبحت المنتجات أكثر تمايزًا، تزداد رسوم الانبعاث. وأخيرًا، تزداد رسوم الانبعاث في الضرر البيئي إذا كانت الآثار الجانبية منخفضة بالقدر الكافي، أي $\beta < \frac{2(a-c)}{(1+\lambda)(z_i+z_j)} - 1$. لاحظ أنه بينما تصبح المنتجات أكثر تماثلًا (قيم أعلى للمعلمة λ) يكون هذا الشرط أكثر طلبًا. ويُحدد توازن الربح بالمعادلة $\pi_i(z_i,z_j,t) = q_{so}{}^2 + t(z_i+\beta z_j) - \frac{\gamma z_i^2}{2}$.[5]

3-1-ج. المرحلة الأولى

بعد ذلك، قمنا بتحليل الاستثمار المثالي في مجال البحث والتطوير في ميدان البيئة للشركتين "ط" و "ي". في المرحلة الأولى، تختار كل شركة نمط البحث والتطوير في ميدان البيئة الذي يزيد من أرباحها. وبذلك، فإن كل شركة تتوقع اختيار الضرائب من الجهة المنظمة ومستوى مخرجات المأخوذ 2. من توازن الربح $\pi_i = q_{so}^2 + t(z_i+\beta z_j) - \frac{1}{2}\gamma z_i^2$، وتزيد كل شركة من ربحها كما يلي:

$$\max_{z_i} \; q_{so}(z_i;z_j) + t(z_i;z_j) - \frac{\gamma z_i^2}{2} - \frac{\gamma z_j^2}{2}$$

ويحدد حل z_i في المأخوذ 3 الاستثمار الأمثل في البحث والتطوير في ميدان البيئة:

5 بإدخال المأخوذ 1 مخرجات التوازن في دالة هدف الشركة، نحصل على ربح التوازن

$$\pi_i = \left(\frac{\alpha-c+d(z_i+z_j)+(1+\beta)}{1+2d+\lambda}\right)^2 + \frac{\alpha(2d-1)+c(1-2d)-(1+\beta)d(2+\lambda)}{1+2d+\lambda}(z_i+z_j) - \frac{\gamma z_i^2}{2},$$

أو بمزيد من الاختصار

$$\pi_i(z_i,z_j,t) = q_{so}^2 + t(z_i+z_j) - \frac{1}{2}\gamma z_i^2$$

المأخوذ 3. تختار الشركة "ط" مستوى الاستثمار في البحث والتطوير في ميدان البيئة

$$z_i(z_j) = \frac{a(-2d(\beta+2d+1+\lambda)+1+\lambda)+c(2d(\beta+2d+1+\lambda)-1-\lambda)+(1+\beta)^2 d(1+\lambda)z_j(2d+\lambda+2)}{-\gamma(1+\lambda)^2+2d^2(\beta^2-2\beta(1+\lambda)-2\gamma-2\lambda-3)-2d(1+\lambda)(\beta(2+\lambda)+2\gamma+\lambda+2)} \quad (8)$$

يزداد البحث والتطوير في ميدان البيئة كلما صارت المنتجات أكثر تمايزًا أي $\lambda < 1$. لا حظ أن البحث والتطوير في ميدان البيئة يتطابق مع ما جاء في بوياغو-ثيوتوكي (2007) عند $\lambda = 1$، أي $z_{nc} = \frac{(a-c)(d(2+\beta+2d)-1)}{(1+\beta)d(\beta(d+3)+7d+9)+2\gamma(d+1)^2}$. في التوازن المتماثل، $z_i = z_j = z_{nc}$ ينتج عن حل الشرط الأول في المعادلة أعلاه مستوى توازن البحث والتطوير في ميدان البيئة.

الفرضية 1. في اللعبة ذات المستويات الثلاثة عندما تكون المنتجات متمايزة، يُحدد كل من البحث والتطوير في ميدان البيئة ورسوم الانبعاث وتوازن المخرجات بالمعادلات التالية

$$z_{nc} = \frac{(a-c)(2d(1+\beta+2d+\lambda)-1-\lambda)}{\gamma(1+\lambda)^2+2d^2(2(2\beta+\gamma+2)+(1+\beta)(3+\beta)\lambda)+d(1+\lambda)(\beta(4+\beta)(2+\lambda)+4\gamma+3\lambda+6)} \quad (9)$$

$$t_{\mathrm{nc}} = \frac{(a-c)\left(-\gamma+4\gamma d^2+(2d-1)\lambda\left(\gamma+(1+\beta)^2 d\right)-2(1+\beta)^2 d\right)}{\gamma(1+\lambda)^2+2d^2(2(2\beta+2+\gamma)+(1+\beta)(3+\beta)\lambda)+d(1+\lambda)(\beta(4+\beta)(2+\lambda)+4\gamma+3\lambda+6)} \quad (10)$$

$$q_{\mathrm{nc}} = \frac{(a-c)(\gamma+\lambda(\gamma+(1+\beta)(3+\beta)d)+2d(\gamma+(1+\beta)(\beta+2d+2)))}{\gamma(1+\lambda)^2+2d^2(2(2\beta+2+\gamma)+(1+\beta)(3+\beta)\lambda)+d(1+\lambda)(\beta(4+\beta)(2+\lambda)+4\gamma+3\lambda+6)} \quad (11)$$

لاحظ أن $z_{nc} > 0$ إذا افترضنا أن $d > \frac{1}{2}$.[6] في المرحلة الأولى تختار الشركتين "ط" و "ي" مستوى استثمار متوازن للبحث والتطوير البيئي وفقًا لـ z_{nc} باستخدام (9) في المأخوذ 2، والمأخوذ 3،[7] نحصل على رسوم انبعاثات التوازن والكمية لكل شركة، على التوالي كما هو موضح في (10) و (11). ثم باستخدام توازن رسوم الانبعاث في (10) والكمية في (11) في الربح والرفاه الاجتماعي نحصل على توازن الربح والرفاه الاجتماعي التالي.[8] وبالتالي تكون:

6 لاحظ أن $z_{nc} > 0$ تكافئ $(a-c)\left(2d(\beta+2d+1+\lambda)-1-\lambda\right) > 0$. هذا يعطي حلين إلى d، واحد إيجابي d_2 و احد سلبي d_1. وهذه الأخيرة تتطلب أن $d_1 > 2d(\beta+2d+1+\lambda) - \lambda - 1$، مما يزداد فى β. وبالتالي يكون كافيًا لتقييم أعلاه $\beta=0$ إذا كانت $\lambda = 0$ إذا كانت $\lambda = 1$، $d_1 < \frac{1}{4}\left(-\lambda+\sqrt{(1+\lambda)(5+\lambda)}-1\right) = 0.30$ $d_1 < \frac{1}{4}\left(-\lambda+\sqrt{(1+\lambda)(5+\lambda)}-1\right) = 0.30$

7 توازن رسوم الانبعاثات والكمية تتطابق مع ما جاء في بوياغو-ثيوتوكي (2007) عند $\lambda = 1$

8 لم ترد المعادلة الخاصة بالربح والرفاه الاجتماعي نظرًا لطولها.

$$\pi_{\mathrm{nc}} = q_{nc}^2 + t_{nc}(1+\beta)z_{nc} - \frac{\gamma z_{nc}^2}{2} \qquad (12)$$

$$\mathrm{SW}_{\mathrm{nc}} = \overbrace{2(q_{nc}+q_{nc})A - \frac{\gamma z_{nc}^2}{2} - \frac{\gamma z_{nc}^2}{2} - 2\lambda(q_{nc}+q_{nc})^2}^{\mathrm{PS+CS}} - \overbrace{\frac{1}{2}d(2(q_{nc}+q_{nc}) - (1+\beta)(z_{nc}+z_{nc}))^2}^{\mathrm{ED}} \qquad (13)$$

بالنظر إلى المعادلة (13)، نرى أنه كلما أصبحت المنتجات أكثر تمايزًا، أي $\lambda < 1$ زاد فائض المنتج (PS)، مما يعود بالرفاه الاجتماعي الأعلى. علاوة على ذلك، يزيد فائض العميل (CS) منحنى الطلب؛ وبالتالي، يصبح أكثر مرونة كلما أصبحت المنتجات أكثر تمايزًا، مما يؤدي إلى ارتفاع الأسعار وزيادة الرفاه الاجتماعي. ومع هذا، تقل الإيرادات[9] الحكومية بسبب انخفاض التلوث وانخفاض رسوم الانبعاث عندما تصبح المنتجات أكثر تمايزًا.

بعدئذٍ، بسبب تعقيد التحليلات قمنا بدراسة المحاكاة العددية لمعرفة كيف هي نتائج التوازن مع تغيير قيم المعلمة. ولغرض هذه الورقة البحثية اتخذنا قيم المعلمات التالية كمعيار مرجعي لنا $a = 1, c = 0.5, \beta = 0.3, \gamma = 0.3,$ and $d = 2$[10]

تمايز المنتج. يوضح الجدول 2–أ. أن العلاقة بين مستوى تمايز المنتجات والاستثمار في البحث والتطوير في ميدان البيئة ليست غير متماثلة. إذ يتحقق أعلى مستوى من الاستثمار في البحث والتطوير في ميدان البيئة عندما تكون المنتجات متمايزة تمامًا، أي، $\lambda = 0$ ومع هذا، عندما تكون المنتجات متماثلة، أي أن λ تزداد من صفر إلى 0.5، ينخفض البحث والتطوير في ميدان البيئة؛ وبزيادة λ من 0.5 إلى 1، ينخفض الاستثمار في البحث والتطوير في ميدان البيئة لكل شركة. كما يوضح الجدول 2–أ. أنه عندما تكون المنتجات أكثر تمايزًا تكون رسوم الانبعاث أقل تطلبًا. أي أنه، نظرًا لزيادة رسوم

وبناءً عليه، يصبح التنظيم أكثر صرامة عندما تكون المنتجات متماثلة نظرًا لأن الضرر البيئي أعلى بسبب كِبر المخرجات الإجمالية. وفي النهاية، يرتفع الرفاه الاجتماعي عندما تصبح المنتجات أكثر تمايزًا أي، $\lambda < 0.5$، وهذا يُفسر بشكل رئيسي بأرباح الشركات الأعلى والضرر البيئي الأقل.

الأثار غير المباشرة. بعد ذلك، قمنا بدراسة نتائج التوازن لمختلف المستويات للمعلمة β كما هو موضح في الجدول 2–ب.[11] يمكن ملاحظة أن المستويات العليا من الآثار غير المباشرة تقلل الاستثمار في البحث والتطوير في ميدان البيئة. ومع

9 تُحدد الإيرادات الحكومية بالمعادلة $Q = q_i + \frac{t(Q - z_i - \beta z_j)}{q_i}$ حيث

10 نتائج المحاكاة العددية واردة في الملحق في الجداول 2–أ، 2–ب، و2–ج

11 لاحظ أن الجدول 2–ب–1 . يعتبر أن $\lambda = 0$والجدول 2–ب–3 يعتبر أن $\lambda = 0.5$ و $\lambda = 1$ على التوالي.

هذا، عندما تكون المنتجات متماثلة تمامًا (انظر الجدول 2-ب-3)، يكون هذا الانخفاض الملحوظ في الاستثمار أقل حدة منه عندما تصبح المنتجات أكثر تمايزًا.

ويعزو ذلك بشكل رئيسي إلى حقيقة أن انخفاض الاستثمار في البحث والتطوير في ميدان البيئة يكون أقل عندما تكون المنتجات متماثلة منه عندما تكون متمايزة كما هو موضح في الجداول من

الاجتماعي بغض النظر عن درجة التمايز. لكن، عندما تكون المنتجات متماثلة تمامًا، ينخفض الرفاه الاجتماعي بشكل ملحوظ عنه عندما تُظهر المنتجات درجة ما التمايز. وهذا يُفسر بشكل رئيسي بالخافض أرباح المؤسسة بسبب زيادة حدة منافسة السوق.

تكلفة الاستثمار في البحث والتطوير في ميدان البيئة. درسنا بعد ذلك آثار زيادة تكلفة الاستثمار في البحث والتطوير في ميدان البيئة على نتائج التوازن عندما تكون المنتجات متمايزة كليًا (في الجدول 2-ج-1)، والمنتجات المتمايزة جزئيًا (الجدول 2-ج-2)، والمنتجات المتماثلة كليًا (الجدول 2-ج-3). تستثمر كل شركة في البحث والتطوير في ميدان البيئة نظرًا لأن تكلفة الاستثمار في مكافحة التلوث تزداد لكافة درجات تمايز المنتجات. ويتحقق أدنى استثمار في البحث والتطوير عندما تكون المنتجات متماثلة كليًا، أي، $\lambda = 1$. في هذه الحالة تواجه الشركات رسوم انبعاثات صارمة مصحوبة بأرباح أقل، يسبب ارتفاع

2-ب-1 إلى 2-ب-3. أي $z_{nc}(\lambda = 1, \beta = 0) =$ $z_{nc}(\lambda = 1, \beta = 1) = 0.05$ مقابل $z_{nc}(\lambda = 0.1$ و $z_{nc}(\lambda = 0, \beta = 0) = 0.16$ و $\beta = 1) = 0.10$ عندما تكون المنتجات متمايزة كليًا، الجدول 2-ب-1، يرتفع الربح والرفاه الاجتماعي عندما تزداد الآثار غير المباشرة. وفي الواقع تؤدي الآثار غير المباشرة الكاملة $\beta = 1$ إلى الدعم. وفي النهاية، تؤدي الزيادة في الآثار غير المباشرة إلى زيادة الرفاه

منافسة السوق، مما يدفعهم إلى خفض الاستثمار في البحث والتطوير في ميدان البيئة عنه عندما تكون المنتجات متمايزة. ويترتب على ذلك نقص الرفاه الاجتماعي والربح.

3-2. البحث والتطوير التعاوني في ميدان البيئة

في السيناريو الثاني قمنا بتحليل تأثير البحث والتطوير التعاوني في ميدان البيئة على أداء الشركات من حيث الاستثمار في البحث والتطوير، ورسوم الانبعاث، والرفاه الاجتماعي. ويظل تحليل مستوى المخرجات الأمثل ورسوم الانبعاث كما هو في البحث والتطوير غير التعاوني في ميدان البيئة. بيد أنه في السيناريو الأول، تختار كلتا الشركتان البحث والتطوير في ميدان البيئة تعاونيًا، وفي هذه الحالة يقوموا بالتنسيق في أنشطة البحث والتطوير في ميدان البيئة. بعبارة أخرى، تختار كل من الشركتين "ط" و"ي" z_i، و z_j على التوالي، لزيادة مجموع ربحهم الإجمالي $\left(\sum_{n=i,j} \pi_n\right)$.

3-2-أ. المرحلة الأولى

بعد ذلك، قمنا بتحليل الاستثمار الأمثل في البحث والتطوير في ميدان البيئة من الشركتين "ط" و"ي".

$$z_i(z_j) = \frac{(1+\beta)(a(2d(2d+\lambda+2)-1-\lambda)+c(-2d(2d+\lambda+2)+1+\lambda)-2(1+\beta)d(1+\lambda)z_j(2d+\lambda+2))}{\gamma+(2d+\lambda+2)(\gamma\lambda+2d(\beta(\beta+2)(1+\lambda)+\gamma+1+\lambda))} \quad (14)$$

تضخ الشركات مزيد من الاستثمارات في البحث والتطوير في ميدان البيئة عندما تكون المنتجات أكثر تمايزًا، أي، $\lambda < 1$. وتتحسن فوائد الانتفاع المجاني من الأنظمة الأقل صرامة بسبب زيادة الاستثمار في البحث والتطوير في ميدان البيئة عن طريق تمايز المنتجات. وفي التوازن المتماثل، $z_i = z_j = z_{nc}$ حل لعبة المستويات الثلاثة مذكور في الفرضية التالية.

الفرضية 2. في لعبة البحث والتطوير التعاوني في ميدان البيئة ذات الثلاث مراحل، تُحدد رسوم انبعاثات البحث والتطوير في ميدان البيئة للتوازن، وتوازن المخرجات بالمعادلات التالية:

$$z_{erc} = \frac{(1+\beta)(a-c)(2d(2d+\lambda+2)-1-\lambda)}{\gamma+(2d+\lambda+2)(\gamma\lambda+2d(2\beta(\beta+2)(1+\lambda)+2+\gamma\lambda+2))} \quad (15)$$

$$t_{erc} = \frac{(a-c)\left(-\gamma+(2d-1)\lambda\left(\gamma+2(1+\beta)^2d\right)+4d\left(\gamma d-(1+\beta)^2\right)\right)}{\gamma+(2d+2+\lambda)(\gamma\lambda+2d(2\beta(2+\beta)(\lambda+1)+\gamma+2\lambda+2))} \quad (16)$$

$$q_{erc} = \frac{(a-c)\left(\gamma+\lambda\left(\gamma+4(1+\beta)^2d\right)+2d\left(\gamma+(1+\beta)^2(2d+3)\right)\right)}{\gamma+(2d+2+\lambda)(\gamma\lambda+2d(2\beta(2+\beta)(1+\lambda)+2+\gamma\lambda+2))} \quad (17)$$

لاحظ أن مستوى الاستثمار في البحث والتطوير في ميدان البيئة يتطابق مع ما جاء في بوياغو-ثيوتوكي (2007) عند $\lambda = 1$ أي أن $z_{erc} = \frac{(a-c)(1+\beta)(2d+(2d-1)(d+1))}{4(1+\beta)^2d(2d+3)+2\gamma(d+1)^2}$. لاحظ أن $z_{erc} > 0$ على افتراض أن $d > \frac{1}{2}$[12] وباستخدام (14) في المأخوذ 1، والمأخوذ 2، نحصل[13] على توازن رسوم الانبعاث والكمية لكل شركة، على التوالي كما هو موضح في (16)

المأخوذ 4. تختار الشركة "ي" مستوى الاستثمار في البحث والتطوير في ميدان البيئة

12 لاحظ أن $z_{nc} > 0$. تكافئ $(1+\beta)(2d(2d+\lambda+2)-1-\lambda) > 0$

هذا يعطي حلين إلى d، واحد إيجابي d_2 وواحد سلبي d_1. وهذه الأخيرة d_1 تتطلب $d_1 > \frac{1}{4}\left(\sqrt{\lambda^2+8\lambda+8}-\lambda-2\right)$ وبالتالي يكون كافيًا لتقييم $d_1 > (2d(2d+\lambda+2)-1-\lambda = 0.20$ أعلاه $\beta=0$ مما ينتج

إذا كانت $\lambda = 1$، و $d = 0.0.25$ وإذا كانت $\lambda = 0.5$ من الواضح إذن أن افتراضنا أن $d > \frac{1}{2}$ كافيًا لضمان أن $z_{erc} > 0$

13 توازن رسوم الانبعاث والكمية تتوافق مع ما جاي في ما جاء في بوياغو-ثيوتوكي (2007) عند $\lambda = 1$، لكن عندما $\lambda<1$، يقل توازن رسوم الانبعاث وتزداد الكمية

و (17). ثم، باستخدام توازن رسوم الانبعاث (16) والكمية (17) في الربح والرفاه الاجتماعي نحصل على التوازن التالي للربح والرفاه الاجتماعي.[14] وبالتالي:

$$\pi_{\text{erc}} = q_{erc}^2 + t_{erc}(1+\beta)z_{erc} - \frac{\gamma z_{erc}^2}{2} \qquad (18)$$

$$\text{SW}_{\text{erc}} = \overbrace{2(q_{erc}+q_{erc})A - \frac{\gamma z_{erc}^2}{2} - \frac{\gamma z_{erc}^2}{2} - 2\lambda(q_{erc}+q_{erc})^2}^{\text{PS + CS}} - \overbrace{\frac{1}{2}d(2(q_{erc}+q_{erc}) - (1+\beta)(z_{erc}+z_{erc}))^2}^{\text{ED}} \qquad (19)$$

بالنظر إلى التعبير رقم (19)، نرى أنه كلما كانت المنتجات أكثر تمايزًا، أي $\lambda < 1$ زاد فائض المنتج (PS)، مما يعود بالرفاه الاجتماعي الأعلى. علاوة على ذلك، يزيد فائض العميل (CS) منحنى الطلب؛ وبالتالي، يصبح أكثر مرونة كلما أصبحت المنتجات أكثر تمايزًا، مما يؤدي إلى ارتفاع الأسعار وزيادة الرفاه الاجتماعي. ومع هذا، تقل الإيرادات[15] الحكومية بسبب انخفاض التلوث وانخفاض رسوم الانبعاث عندما تصبح المنتجات أكثر تمايزًا. وبالمثل هنا في حالة البحث والتطوير غير التعاوني في ميدان البيئة، درسنا المحاكاة العددية كي نتوصل إلى كيفية تغير نتائج التوازن مع قيم المعلمة. لغرض هذه الورقة البحثية، اعتبرنا ان قيم المعلمات كما في القيم المرجعية $a = 1, c = 0.5, \beta = 0.3, \gamma = 0.3, \text{and } d = 2$.[16]

تمايز المنتجات. على غرار حالة البحث والتطوير غير التعاوني في ميدان البيئة، يتحقق أعلى مستوى من الاستثمار في البحث والتطوير في ميدان البيئة عندما تكون المنتجات متمايزة تمامًا، أي، $\lambda = 0$ ومع هذا، عندما تكون المنتجات متماثلة، أي أن λ تزداد من صفر إلى 0.5، ينخفض البحث والتطوير في ميدان البيئة؛ وبزيادة λ من 0.5 إلى 1، ينخفض الاستثمار في البحث والتطوير في ميدان البيئة لكل شركة. كما يوضح الجدول 3-أ. أنه عندما تكون المنتجات أكثر تمايزًا تكون رسوم الانبعاث أقل تطلبًا. وبناءً عليه، يصبح التنظيم أكثر صرامة عندما تكون المنتجات متماثلة نظرًا لأن الضرر البيئي أعلى بسبب كِبر المخرجات الإجمالية. وفي النهاية، يرتفع الرفاه الاجتماعي عندما تصبح المنتجات أكثر تمايزًا أي، $\lambda < 0.5$، وهذا يُفسر بشكل رئيسي بأرباح الشركات الأعلى والضرر البيئي الأقل. لاحظ أن البحث والتطوير في ميدان البيئة يكون أعلى عندما تقرر المؤسسات اتباع النموذج التعاوني بدلًا من غير التعاوني، ويبرز تمايز المنتجات هذا الاختلاف في الاستثمار

14 لم نورد المعادلات الخاصة بحساب الربح والرفاه الاجتماعي، نظرًا لطولها

15 تُحدد الإيرادات الحكومية بالمعادلة $t(Q - z_i - \rho z_j)$ حيث Q = qi + qj

16 ترد نتائج المحاكاة العددية في الملحق في الجداول 3-أ، 2-ب، و3-ج

الأثار غير المباشرة. بعد ذلك، قمنا بدراسة سلوك الشركات لمختلف المستويات للمعلمة β كما هو موضح في الجدول 3–ب.[17] يمكن ملاحظة أن المستويات العليا من الآثار غير المباشرة تقلل الاستثمار في البحث والتطوير في ميدان البيئة. ومع هذا، عندما تكون المنتجات متماثلة تمامًا (انظر الجدول 3–ب–3)، يكون هذا الانخفاض الملحوظ في الاستثمار أقل حدة منه عندما تصبح المنتجات أكثر تمايزًا. بالإضافة إلى ذلك، يكون الاستثمار في البحث والتطوير التعاوني في ميدان البيئة أقل تأثرًا بزيادة الآثار غير المباشرة عن الاستثمار في البحث والتطوير غير التعاوني في ميدان البيئة. عندما تكون المنتجات متمايزة كليًا، الجدول 3–ب–1، يرتفع الربح والرفاه الاجتماعي عندما يزداد الآثار غير المباشرة. في الواقع تؤدي الآثار غير المباشرة الكاملة $\beta = 1$ إلى الدعم. وفي النهاية، تؤدي الزيادة في الآثار غير المباشرة إلى زيادة الرفاه الاجتماعي بغض النظر عن درجة التمايز.

تكلفة الاستثمار في البحث والتطوير في ميدان البيئة. درسنا بعد ذلك آثار زيادة تكلفة الاستثمار في البحث والتطوير في ميدان البيئة على نتائج التوازن عندما تكون المنتجات متمايزة كليًا (في الجدول 3–ج–1)، والمنتجات المتمايزة جزئيًا (الجدول 3–ج–2)، والمنتجات المتماثلة كليًا (الجدول 3–ج–3). تستثمر كل شركة في البحث والتطوير في ميدان البيئة نظرًا لأن تكلفة الاستثمار في مكافحة التلوث تزداد لكافة درجات تمايز المنتجات. وعلى غرار حالة البحث والتطوير غير التعاوني في ميدان البيئة، يتحقق الاستثمار في البحث والتطوير التعاوني في ميدان البيئة عندما تكون المنتجات متماثلة كليًا، أي، $\lambda = 1$.

4. مقارنة التوازن

في هذا القسم، أجرينا مقارنة بين نتائج التوازن في نموذج البحث والتطوير التعاوني في ميدان البيئة ونتائج التوازن في نموذج البحث والتطوير غير التعاوني في ميدان البيئة، بدًا من دراسة الاستثمار في البحث والتطوير في ميدان البيئة.

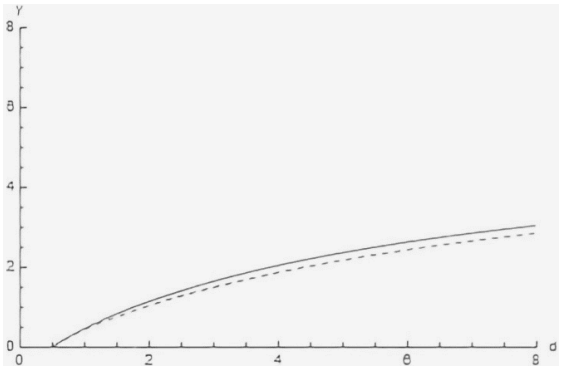
النتيجة 1. يكون الاستثمار في البحث والتطوير التعاوني في ميدان البيئة (رسوم الانبعاث، t_{erc}) أعلى من الاستثمار في البحث والتطوير غير التعاوني في ميدان البيئة (رسوم الانبعاث، t_{erc} ، على التوالي) إذا كانت $\gamma > \bar{\gamma}$ ، حيث $\bar{\gamma} \equiv \frac{(1-\beta)(1+\beta)^2 d((2d-1)\lambda-2)}{2d(\beta\lambda+\beta+1)-\beta(1+\lambda)+4\beta d^2}$ بالإضافة إلى ذلك، إذا أصبحت المنتجات أكثر تمايزًا يكون الشرط في $\bar{\gamma}$ أقل تطلبًا.

تضخ الشركات مزيدًا من الاستثمار في البحث والتطوير في ميدان البيئة إذا تعاونت، وعندما تكون تكلفة الاستثمار عالية بالقدر الكافي. أي أن،

17 لاحظ أن الجدول 3–ب–1. يعتبر أن $\lambda = 0$ والجدول 3-ب-3 يعتبر أن $\lambda=$ 0.5 و $\lambda=1$ على التوالي

التكنولوجيا الباهظة تجعل التعاون في البحث والتطوير في ميدان البيئة أكثر جذبًا. بالإضافة إلى ذلك، إذا أصبحت المنتجات أكثر تمايزًا، يصبح الشرط الذي يدعم النتيجة 1 أقل تطلبًا.[18] في هذه الحالة، عندما تكون المنتجات أكثر تمايزًا، ومن ثم يتم الحث على ضخ المزيد من الاستثمار البحث والتطوير التعاوني في ميدان البيئة. يوضح الشكل رقم 1 الحد الأقصى $\bar{\gamma}$ عندما تكون جميع المجموعات الثنائية للضرر البيئي وتكون تكلفة الاستثمار في البحث والتطوير في ميدان البيئة أعلى الخط الثابت (المنقط) للاستثمار التعاوني أعلى منها في غير التعاوني أي، $z_{erc} > z_{nc}$

-- متماثلة بالكامل – متمايزة بالكامل



الشكل رقم 1– إجمالي الاستثمار في البحث والتطوير في ميدان البيئة في حالة المنتجات المتمايزة

علاوة على ذلك، تفرض الجهة التنظيمية رسوم انبعاثات أقل عندما تتعاون الشركات في البحث والتطوير في ميدان البيئة إذا كانت تكلفة الاستثمار عالية. وهذه النتيجة موضحة بشكل رئيسي بالاستثمار المرتفع في البحث في البحث والتطوير في ميدان البيئة عندما تتعاون الشركات، مما يقلل الضرر البيئي. علاوة على ذلك، بينما تصبح المنتجات اقل تمايزًا، فعلى الأرجح أن تتعاون الشركات عند الاستثمار في البحث والتطوير في ميدان البيئة. وبالتالي، يعني المزيد من الاستثمار والانخفاض الملحوظ في الانبعاث انخفاض رسوم الانبعاث.

النتيجة 2. البحث والتطوير التعاوني في ميدان البيئة مُفضل من الناحية الاجتماعية عند $\gamma > \bar{\gamma}$ علاوة على ذلك، إذا أصبحت المنتجات أكثر تمايزًا يكون الشرط في $\bar{\gamma}$ أقل تطلبًا.

نستنتج أن الاستثمار التعاوني في البحث والتطوير التعاوني في مجال البيئة مُفضل من الناحية الاجتماعية عندما تكون تكلفتها عالية والمنتجات متمايزة بالقدر الكافي. رغم انخفاض فائض المستهلك عندما تصبح المنتجات أكثر تمايزًا، يتم تعويض هذا الانخفاض بزيادة فائض المنتج وخفض الضرر البيئي. وعلى وجه الخصوص، يؤدي مزيدًا من الاستثمار الكبير في البحث والتطوير في ميدان البيئة الضرر البيئي، وبالتالي، خفض رسوم الانبعاث كما ناقشناها في النتيجة 1. بالإضافة إلى ذلك،

18 يكون $\beta > -\frac{}{4d^2+2d+1}$ إيجابي لكافة قيم β

يتحسن الرفاه الاجتماعي عندما تزيد الشركات من استثماراتها في البحث والتطوير في ميدان البيئة في ظل النموذج التعاوني بحيث $SW_{erc} > SW_{nc}$. تُدعم البديهية بالنتائج الخاصة بالتصنيف ذي الصلة للبحث والتطوير في ميدان البيئة الوارد في النتيجة1. تكون قرارات البحث والتطوير التعاوني في ميدان البيئة بمثابة عوامل خارجية إيجابية وتخفض تكاليف الشركات في إطار تنظيم بيئي أكثر مرونة. وتساعد على استيعاب هذه العوامل الخارجية، بالنظر إلى زيادة الاستثمار في البحث والتطوير في ميدان البيئة، ومن ثم تزيد من مستويات الرفاه الاجتماعي والارباح. وتنطبق النتيجة على أي درجة من درجات الآثار غير المباشرة، أي تقترب λ من الواحد، وينطبق التصنيف السابق بين الرفاه الاجتماعي إذا كانت تكلفة الاستثمار منخفضة نسبيًا، مما يتأثر بالآثار غير المباشرة والأضرار الهامشية.

النتيجة 3. تحقق كل شركة مزيدًا من الأرباح في ظل الاستثمار التعاوني في البحث والتطوير في ميدان البيئة في حالة $\gamma > \bar{\gamma}$. علاوة على ذلك، إذا أصبحت المنتجات أكثر تمايزًا يكون الشرط في $\bar{\gamma}$ أقل تطلبًا.

يؤدي البحث والتطوير التعاوني في ميدان البيئة إلى تحقيق أرباحًا أعلى من البحث والتطوير غير التعاوني في ميدان البيئة، الأمر الذي يكون جليًا عندما تكون λ أقرب من الصفر. أي أن تمايز المنتجات يزيد قوة احتكار الشركات مدعومًا بمنافسة سعر الايجار بين الشركات المنتجة للعلامة التجارية. من الناحية العملية، تضخ الشركات مزيدًا من الاستثمار في البحث والتطوير في ميدان البيئة بسبب أن قيمة γ الأعلى تجعل البحث والتطوير التعاوني في ميدان البيئة أكثر جذبًا. بالإضافة إلى ذلك، في حين أن الشركات تضخ مزيدًا من الاستثمار في البحث والتطوير في ميدان البيئة، تفرض الجهة التنظيمية رسوم انبعاثات أقل نظرًا لتحسن الرفاه الاجتماعي، وتزداد أرباح الشركات. ومن الناحية البديهية، يحسن استثمار الشركات في البحث والتطوير في ميدان البيئة الجودة البيئية لمنتجاتها و، بالتالي، تمارس تأثيرًا ايجابيًا على ارباح الشركة عبر المنتجات المتمايزة وأي درجة من درجات الآثار غير المباشرة. إذا سعت الجهة التنظيمية إلى تشجيع المزيد من الاستثمار في البحث والتطوير في ميدان البيئة عندما تكون المنتجات متمايزة وتكلفة الاستثمار عالية، وبالتالي يمكن تحقيقه من خلال البحث التعاوني. في الواقع، في حالة المنتجات المتماثلة، تكون الأرباح أعلى مع البحث والتطوير التعاوني في ميدان البيئة منها في البحث والتطوير غير التعاوني في ميدان البيئة، $\pi_{erc} > \pi_{nc}$ إذا كانت الآثار غير المباشرة عالية بالقدر الكافي. وبالتالي، ستؤدي التكنولوجيا التي لا تُظهر خصائص آثار غير مباشرة قوية إلى تعاون أقل بين الشركات. أي أن $\frac{\partial \bar{\gamma}}{\partial \beta}$ تكون سلبية، مما يجعل الشرط في γ صعب التحقيق عندما تنخفض الآثار غير المباشرة

5. الملاحظات الختامية والمزيد من البحث

قدمت عددًا من الأوراق البحثية دراسات نظرية لأنشطة البحث والتطوير التعاوني وغير التعاوني في ميدان البيئة مع بيان الآثار غير المباشرة مع مراعاة المنتجات المتماثلة في ظل أنواع الأسواق المختلفة. ووسعت هذه الدراسات أو عدلت العمل الأساسي الذي قام على تطويره كل من دي اسبرمونت وجاكومين (1988). بيد أن الأوراق البحثية السابقة خَلُصت إلى أن الاستثمار في البحث والتطوير في ميدان البيئة والربح والرفاه الاجتماعي أعلى في ظل البحث والتطوير التعاوني وغير التعاوني في ميدان البيئة في سياق المنتجات المتماثلة. وبالتالي، تُحدد هذه الورقة البحثية الحالات التي تنطبق عليها هذه النتائج عندما تكون المنتجات متمايزة. وعلى وجه التحديد، قمنا بمعالجة التساؤلات البحثية التالية: (1) هل يمكن للمنتجات المتمايزة أن تشجع البحث والتطوير في ميدان البيئة التنافسي؟، و (2) هل يمكن تحقيق البحث والتطوير التعاوني في ميدان البيئة عندما تكون المنتجات متمايزة بدرجة كبيرة مع النظم البيئية؟ وقد عرضنا اللعبة ذات الثلاث مراحل باستخدام الاستقراء الارتجاعي، حيث اختارت الشركات استثمارها في البحث والتطوير في ميدان البيئة في المرحلة الأولى، وتختار الجهة التنظيمية رسوم الانبعاث في المرحلة الثانية، وفي المرحلة الثالثة، تتنافس الشركات في الكمية، وإنتاج السلع المتمايزة.

أظهرنا أن الأنظمة البيئية يمكن أن تزيد من استثمار الشركات في البحث والتطوير في ميدان البيئة في الإطار غير التعاوني بسبب رسوم الانبعاث الأقل صرامة عندما تكون المنتجات متمايزة. وفي ظل هذا السياق، تواجه الشركات أنظمة اقل تطلبًا وتحقق استفادة تامة من استثماراتها. علاوة على ذلك، تؤدي الآثار غير المباشرة العالية إلى زيادة الرفاه الاجتماعي والارباح، بغض النظر عن درجة تمايز المنتجات. كما استعرضنا أهمية تمايز المنتجات في البحث والتطوير التعاوني في ميدان البيئة. إذ تعزز المنتجات الأقل تماثلًا البحث والتطوير التعاوني في ميدان البيئة عندما تكون تكاليف الاستثمار في البحث والتطوير في ميدان البيئة مرتفع بالقدر الكافي. وفي ظل هذه الظروف، يكون البحث والتطوير التعاوني في ميدان البيئة أعلى من البحث والتطوير غير التعاوني في ميدان البيئة. وخَلُصنا ايضًا إلى أن رسوم الانبعاث في حالة البحث والتطوير التعاوني في ميدان البيئة أقل تطلبًا منها في البحث والتطوير غير التعاوني في ميدان البيئة عندما تكون تكاليف الاستثمار عالية بالقدر الكافي. بالإضافة إلى ذلك، يبرز تمايز المنتجات هذا الاختلاف نظرًا لأنه يخفف شرط تكاليف الاستثمار في البحث والتطوير في ميدان البيئة. وخلاصة القول، يوسع تمايز المنتجات الحالات التي يكون فيها

الاستثمار في البحث والتطوير التعاوني في ميدان البيئة أعلى منه في البحث والتطوير غير التعاوني في ميدان البيئة. وبالتالي، في الأسواق حيث يسود تمايز المنتجات، يتعين تشجيع البحث والتطوير التعاوني في ميدان البيئة نظرًا لأنه سيؤدي إلى ضخ المزيد من الاستثمار في البحث والتطوير في ميدان البيئة.

مع إجراء المزيد من البحوث، يمكن تمديد نموذجنا ليراعي آثار الإعلان عن الأنظمة البيئية وأنظمة الاستثمار في البحث والتطوير في ميدان البيئة. أو بالأحرى، يمكن للسياق الذي تكون فيه الجهة التنظيمية غير قادرة على مراقبة تكاليف الشركات تغيير النتائج التي تم الحصول عليها في هذه الورقة البحثية.