

# 無需預測即可做出正確決策

## 高度不確定性下的魯棒決策規劃

**量**性分析對於正確的政策抉擇而言往往不可或缺。不過，在面對當今快速、變革甚至驚人的變化形勢下，決策者不時發現常用的量性分析方法和工具會適得其反或將其引向歧途。

通常情況下，量性分析可以通過預測為決策者提供有關未來的信息。舉例而言，計算機模型可以預測水資源管理機構的一項投資是否可以為其消費者帶來可靠和經濟的水資源供應，或其他某個模型可以預測一項國會立法案是否可以為納稅人省錢。但是，預測往往有誤，因而依賴預測的風險很高。決策者也知道預測經常不准，這可能會令他們低估或忽視量性分析提供的重要信息。

幸運的是，新的信息技術和決策科學認知為通過量性分析進行決策提供了全新的方法。本研究集萃將介紹其中一種——魯棒決策法（RDM），如何在不需要相信及同意有關預測的情況下做出正確的決策，並展示魯棒決策法之影響力在各類政策領域日益增加的案例。

### 逆向分析

魯棒決策法基於一個簡單的概念。其不是使用計算機模型和數據來做出最佳的預測，而是通過應用基於成百上千套假設的模型來說明計劃在未來各種可能情形下的實施情況。研究人員隨後會對這些模型生成的龐大數據庫進行可視化和統計分析，以此幫助決策者區分計劃實施優劣的各種情況。這樣，決策者便可對魯棒策略進行識別和評估，並從中甄選出可以勝任多種未來情形的策略，進而更好地管控意外情況。

傳統上，決策者往往是在「先預測後行動」框架下收到對於未來的量性分析信息，即先結合現有的依據對未來做出最佳的預測，然後據此給出最好的行動方案。預測

### 內容提要

政策制定者和決策者在面對難以預測的高度不確定未來時，要在各種選擇中做出正確抉擇所需的不僅僅是基於預測的傳統決策分析。幸運的是，魯棒決策分析法等全新方法可以借助日益強大的計算機工具助其解決此類困境。魯棒決策法基於一個簡單概念。其不是使用模型和數據來對未來做出最佳預測，而是通過成百上千次運用模型來說明計劃在未來各種可能場景下的實施情況，並對模型運用生成的數據庫進行可視化和統計分析，以此幫助決策者區分計劃實施優劣的各種情況，以便決策者制定更加魯棒的計劃。本研究集萃討論了魯棒決策法的工作原理，並通過以下兩個應用實例來展示其裨益：幫助水資源管理機構制定應對氣候變化的自適應計劃，以及評估聯邦恐怖主義保險能否為納稅人省錢。

準確無疑時，這種方法非常奏效。倘若預測有誤，則會導致僵局或過於自信。僵局之下，決策者經常圍繞預測而非解決方案爭論不休，而過於自信者則會不顧預期形勢的變化選用不合時宜的解決方案。

魯棒決策法採用的是「逆向分析」，從而避免了上述問題。其第一步不是預測，而是擬定一個或多個計劃（通常是當前或預計最好的計劃），並應用多個模型來識別對計劃成功實施最相關的未來狀況。這就好比人們日常使用谷歌等搜索引擎在數百萬個網站中搜尋自己感興趣的內容一樣，魯棒決策法會分析多個模型生成的數據，

以幫助決策者解決「計劃實施成功与失敗所處情形有哪些主要特征?」、「採用哪些措施可以讓計劃胜任更多未來情形?」等問題。

### 分析方法幫助重啟決策者之間的對話

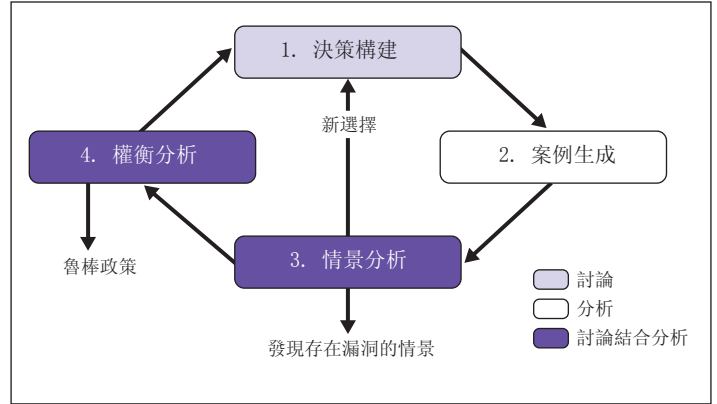
數十年的經驗和研究明确指出，分析方法作為一種旨在發現和交流量性信息中有意義的規律的研究方法，在与用戶需求密切結合時最為見效。魯棒決策分析法主要用於在高度不確定的情況下促進決策者之間的對話。這種高度不確定性往往在決策各方對於未來事件的可能性及應採取的最佳行動模型一無所知或存在分歧時產生。

在協助決策的過程中，魯棒決策法遵循美國國家研究委員會推荐的「討論結合分析」方針。首先，所有決策參與者聚在一起界定其目標和其他參數。隨後，各參與者与專家一道生成及解釋相關決策信息，並基於這些信息重新審視相關選擇和目標。在此慣用的決策方法基礎之上，魯棒決策法運用「逆向分析」的概念，即首先提議某項決定，然後驗證該提議是否適用於未來各種可能的情形。

如圖 1 所示，魯棒決策流程首先要做的是決策构建，即決策者界定目標、不確定性因素及可能的選擇（步驟 1）。隨後，研究人員通過運用計算機模型生成一個龐大的數據庫（步驟 2），庫中包含了每個建議的政策在相應情形下的實施效果。接下來，計算機會對該數據庫進行可視化和統計分析，幫助決策者找出政策存在漏洞的多种情形（步驟 3）。決策者可通過這些情形找到彌補漏洞的新方法（回到步驟 1），或可通過權衡分析來評估先前給出的選擇是否值得採用（步驟 4）。該流程會反復運行直至決策者最最終終定一個魯棒策略。

魯棒決策法通過融合兩種傳統不確定性管理方法「情景分析」和「概率風險分析」的精髓，開關了一種促進決策者之間對話的全新方式。所謂情景分析主要描述了潛在的未來情形。通過呈現未來可能發生的值得考慮的情形，情景分析可以打破決策者的認知和組織障礙，從而解除其對於潛在未來各種情形和決策選項的思考能力限制。不過，將諸多未來情形歸納於少數情景的傳統方法可能會顯得隨意或有偏差。

圖 1. 魯棒決策分析的重复及參與步驟



相比之下，概率風險分析——一種「先預測后行動」的方法，則通過量性風險預測（通常被定義為預測的概率乘以預測的事件后果）來系統地做出有關工作分配的決定以降低風險。這種方法往往在對不確定性有深入瞭解時有用，一旦不確定性很高則會面臨預測錯誤的風險。

魯棒決策法吸收了情景和概率風險分析二者之長，並以逆向概率風險分析的方式探尋哪種政策在諸多假設情形中可以降低風險，例如「哪種假設情形適合做出 A 選擇而不是 B 選擇？」這有助於各方在為決策而爭執不下時甄別各情景風險的高低。這些情景也可以促使決策者對魯棒計劃進行創造性思考，並幫助其對各計劃進行評估和權衡，如圖 1 所示。

魯棒決策法使用計算機模型的方式根本不同於「先預測后行動」分析法。後者認為模型比較準確地反映了實際情況，並據此推荐了應對未來不確定情形的最佳政策。相反，魯棒決策法則將模型視為映射相應結果的假設。通常情況下，魯棒決策法可以大幅提升決策者現有模型（「先預測后行動」分析法所用）的價值，即通過多次運行現有模型來找出存在的弱點，並找到可以適應多种假設組合情形的計劃。

得益於量性分析支持多种未來可能的情形，魯棒決策法可以減少過於自信和意外情況所帶來的不利影響、在分析中系統地納入不確切信息，並幫助懷有不同預期的決策者和利益相關者在高度不確定性下達成合乎情理的行動共識。

## 改進現實決策

魯棒決策法已協助決策者成功應對諸多政策領域的挑戰。此處，我們就以水資源管理和恐怖主義保險這兩個領域為例進行說明。前者旨在說明魯棒決策法如何幫助水資源管理机构在不確定情形下制定兼具靈活性和魯棒性同時又保留嚴謹分析及公眾責任的計劃，而後者則主要說明魯棒決策法如何通過假設情形（基于各種至關重要但難以預測的因素），來做出有別於傳統「先預測後行動」分析法但更為有效的解決方案。

## 制定靈活、魯棒和負責任的水資源管理計劃

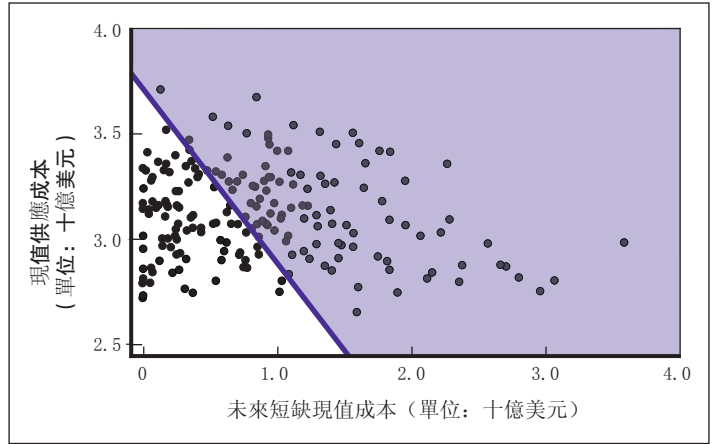
**挑戰。**許多水資源管理机构會制定面向未來數十年的長期計劃，以便確立投資優先級并與公眾一起就投資優先級和目標展開討論。儘管此類計劃通常每隔幾年就會更新，但現行水資源管理計劃最多僅涉及少數幾個情景試驗，而且所設計的計劃是固定的。不過，水資源管理人員意識到，魯棒性和靈活性才是應對未來不確定情形的最佳策略，只不過苦于缺乏有效手段來制定兼具靈活性和魯棒性同時又保留嚴謹分析及對用戶負責任的計劃。

**魯棒決策法的應對之道。**2005年，南加州內陸帝國公用局（IEUA）——一個位于農業向城鎮化快速轉型地區的水資源供應和廢水處理机构，利用傳統方法制定了一套城市水資源管理計劃（UWMP）。該項計劃旨在通過分別提高地下水利用率 75 個百分點及再生水利用率 600 個百分點，來滿足日益增長的區域水資源需求。但該計劃沒有考慮到氣候變化的潛在影響。于是，蘭德在 2007 年協助該局重新審視了這項計劃，從中提升了其整體規劃的能力。

按照圖 1 所示的步驟，蘭德利用水資源評估和規劃（WEAP）平台開發了一個計算機模型，探究內陸帝國公用局水資源管理計劃在反映未來各種假設氣候的數百種情況下的實施效果，以及內陸帝國公用局達成其再生水和地下水目標的能力、未來進口水成本以及節水技術的應用。

在與內陸帝國公用局管理人員和用戶的研討會上，蘭德借助諸多計算機模型得出的可視化結果（見圖 2）與參會人士討論了內陸帝國公用局的目標、主要不確定性因素以及可以採取的應對措施。圖 2 顯示了 2005 年版水資源管理計劃在截至 2030 年的實施效果，所採用的數據來源

圖 2. 內陸帝國公用局 2005 年版計劃在 200 個樣例中的實施效果

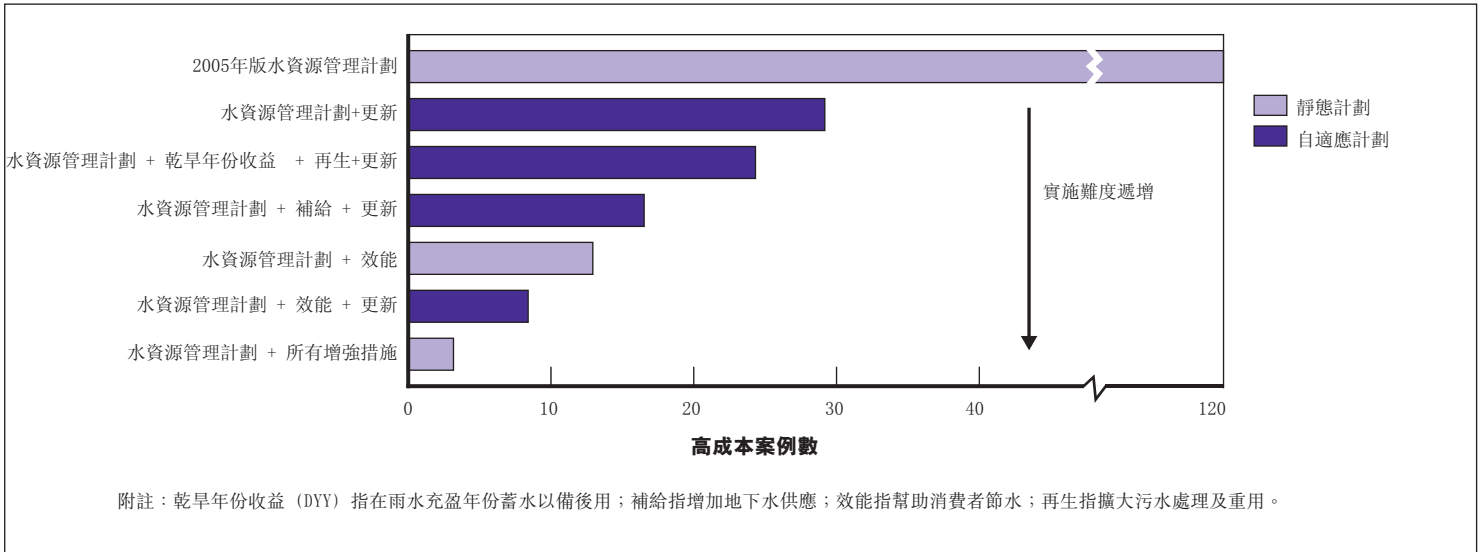


于對 200 個案例的統計結果，其中每個案例都代表了對未來氣候、內陸帝國公用局實施計劃的能力以及未來社會經濟狀況的一套不同假設。每個點或案例（其中許多有重疊）表示計劃在某套假設下的成本：其中包括實施計劃的現值成本和任何未來短缺導致的其他現值成本。圖中的陰影區域表示 120 個未達到計劃預期目標的案例。也就是說，在這些案例中，實施 2005 年版計劃的總成本（實施成本加上短缺成本）比制定該計劃時所預期的最佳成本至少高出 20 個百分點。

通過對計算機模型生成數據庫的統計分析，確定了導致上述高成本的最重要因素。在考察的六個不確定性參數中，其中三個參數的一種特定結合可使成本大為提升：這就是，如果降水減少至少 10 個百分點、滲入該地區蓄水層的雨水減少至少 3 個百分點、以及氣候對進口水資源的影響大于預期。這三種情形揭示了 2005 年版水資源管理計劃的主要弱點所在。重要的是，只有這三個因素同時發生時才會對該項計劃造成影響。如果這種情況在未來數十年成為現實，則計劃的實施成本便會增高。如若沒有發生，則計劃的實施成本將會維持在一個合理的水平。

据此，內陸帝國公用局可以著手考慮應對上述弱點的潛在措施，其管理人員還特別詢問當前和今后可以分別採取什麼樣的措施。針對這一問題，蘭德通過計算機模型對靜態和自適應計劃進行了對比。靜態計劃，如 2005 年版的水資源管理計劃，其實是一個為期 25 年的固定投資和政策措施時間表；而自適應計劃不僅包含一個為期 25 年的投資和政策措施時間表，而且還包含對未來主要趨勢的監測，并根据觀察到的特定趨勢變化進行更新。具體而言，內陸帝國公用局根据蘭德提出的自適應計劃，每五年

圖 3. 2005 年版水資源管理計劃與其它靜態與自適應計劃實施效果對比



會監測預計的供求變化程度，一旦變幅超過預設門限值便採取相應的修正行動。

圖 3 將 2005 年版水資源管理計劃 (最頂端) 与其它六個靜態 (淡紫色) 及自適應計劃 (深紫色) 進行了比較，并列出了計劃超出成本目標的案例數量。如圖所示，2005 年版水資源管理計劃在 200 個案例中，有將近 120 個案例超出成本目標。通過使當前計劃具有自適應功能，可以監測未來形勢以及對計劃進行必要更新。這樣，即便短期內採取与 2005 年版水資源管理計劃相同的措施，也可以將高成本案例數降至 30 (參見深紫色的「水資源管理計劃 + 更新」條目)。若內陸帝國公用局在短期內採取上圖顯示的所有增強措施，(參見淡紫色「水資源管理計劃 + 所有增強措施」條目)，則几乎可消除分析中發現的所有弱點。

圖 3 按實施難度遞增的順序列示了各個計劃 (因為沒有更好的成本數據可供現成使用)。因而，內陸帝國公用局需要在短期實施難度和減少未來弱點之間進行取舍。上述結果有助于內陸帝國公用局在適當的權衡之下，將其 2005 年版水資源管理計劃升級為自適應計劃，并將各項短期增強措施納入其「再生和干旱年份收益」項目，從而將高成本案例數從 120 降至 25 (圖中的粗體條目所示)。

影響。魯棒決策法幫助內陸帝國公用局將不確定的气候因素納入其長期計劃中，并針對未來气候及其他不確定因素制定了有效的魯棒和靈活應對措施。此外，魯棒決策法還幫助公用局与其用戶、納稅人以及甚至對气候變化存

疑者就該計劃達成了共識。自從該計劃首次應用以來，許多水資源机构部門紛紛將魯棒決策法納入其規劃之中。

### 評估聯邦恐怖主義保險是否為納稅人省錢

挑戰。2001 年 9 月 11 日恐怖襲擊造成嚴重后果以後，保險公司紛紛放棄商業地產的恐怖襲擊保險業務。這一舉措威脅到未來可能遭受襲擊地區 (如曼哈頓) 的經濟發展。為了解決這一問題，美國國會于 2002 年通過了《恐怖主義風險保險法案》(TRIA)，承諾聯邦政府會補償保險公司因超大規模恐怖襲擊而遭受的損失，作為保險公司為各種規模恐怖襲擊承保的回報。2007 年，美國國會開始就是否延長法案的有效期限展開了辯論，焦點是該項法案是否可為納稅人省錢，但發生大規模恐怖襲擊的不確定性使得很難對這一問題做出明确回答。

魯棒決策法的應對之道。針對上述討論，蘭德制定了一個計算机模型，其中對未來恐怖襲擊的規模和類型做出了各種假設，并据此預測納稅人、保險行業和商業地產所有人所遭受的損失、保險行業及其客戶的行為和未來國會在沒有保險前提下對地產所有人進行補償的意愿度。

為了評估未來發生恐怖襲擊的可能性，研究人員採納了來自風險管理解決方案公司 (Risk Management Solutions，一家提供保險行業風險信息的領軍企業) 的預測數據，通過建立一個經濟模型來預測保險公司及其客戶的行為。由于無法預測未來國會的行為，研究人員便假設

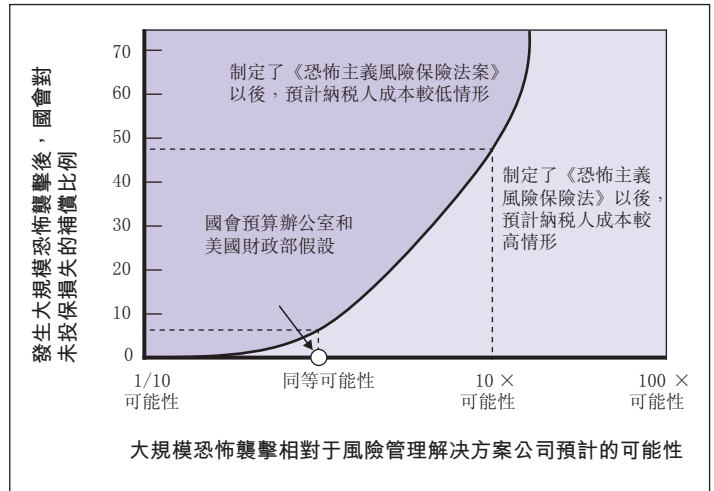
未來國會對未投保導致的損失補償範圍介于 0 至 100% 之間。隨後將 17 個參數的數千種組合運用于計算機模型，從中得出各種假設情形產生的後果。

圖 4 對這些後果進行了總結。通過對數千次模型運行生成的數據庫統計分析發現，在納入考察的 17 個不確定參數中，其中兩個參數與《恐怖主義風險保險法案》能否為納稅人省錢最為相關。如圖 4 的軸線所示，這兩個參數分別為大規模恐怖襲擊的可能性以及國會對未投保損失的補償比例。分析還界定了大規模恐怖襲擊的涵義，即造成的損失不低於 400 億美元，是 9·11 恐怖襲擊損失的兩倍。圖 4 橫軸顯示的是相對於風險管理解決方案公司預測大規模恐怖襲擊發生的可能性。豎軸顯示的是國會對未投保的恐怖襲擊損失補償的百分比。

圖 4 中的深色陰影部分表示在《恐怖主義風險保險法案》有效期獲准延長時納稅人的成本可得以降低的各種假設情形；而淺色陰影部分則表示納稅人支付的成本會更高的各種情形。決策者可以清楚地看到，《恐怖主義風險保險法案》在許多假設情形下均可帶給納稅人淨收益，尤其是在各種難以預測的未來國會行為情形下。

**影響。**魯棒決策分析法對解決國會爭辯的問題起到了至關重要的作用。更為重要的是，這種分析得出了與國會預算辦公室和美國財政部相反的結論。要是換用「先預測後行動」分析法，這兩個政府部門根本無法呈現未來國會行為的不確定性。因而，他們假設國會將坐視不理，即不會對未投保的大規模恐怖襲擊造成的損失提供補償，並預測《恐怖主義風險保險法案》會給納稅人造成高昂成本（如圖 4 中的白點所示）。許多人認為這種假設並不切實際。從圖 4 可以看出，如果該等機構假設國會將承擔任何程度的補償，則其答案就不同。結果，國會決定同意延展《恐怖主義風險保險法案》的有效期。事實證明，魯棒決策分析法及其框架可以為政治辯論中面臨

圖 4. 有無《恐怖主義風險保險法案》時預計年度納稅人成本



的不確定信息提供非常有效的呈現方式。

### 魯棒決策法：應對高度不確定性下規劃挑戰的最佳辦法

決策者通常需要通過量性分析來做出正確的決策。但在當今快速、變革甚至驚人的變化形勢下，「先預測後行動」的傳統方法可能將其引向歧途。預測在高度不確定下變得不可靠時，魯棒決策法卻可以提供一套有助於正確決策的系統方法。該套方法逆向運用傳統分析法，借助計算機模型和數據探知既定計劃在未來各種情形下的實施結果，幫助決策者辨別其計劃實施結果優劣的各種情形。這樣，決策者可以識別並選擇更加魯棒的計劃。在許多應用方面，包括水資源管理、能源、洪澇風險管理及國防等，魯棒決策法在決策者及其分析法之間促成了一種新型關係。從此，決策者面對的不再是「未來會發生什麼事情？」這種往往無法回答的問題；而是轉向「我們現在可以採取哪些措施來確保局勢朝著我們期望的方向發展？」這種更加有效和有影響力的探索。

本研究集萃摘自蘭德在下列出版物中發表的關於魯棒決策方法及其具體應用的研究成果：

#### 方法案例

Hall, Jim W., Robert J. Lempert, Klaus Keller, Andrew Hackbarth, Christophe Mijere, and David J. McInerney, “Robust Climate Policies Under Uncertainty: A Comparison of Robust Decision Making and Info-Gap Methods,” *Risk Analysis*, Vol. 32, No. 10, October 2012, pp. 1657–1672.

Lempert, Robert J., and Nidhi Kalra, *Managing Climate Risks in Developing Countries with Robust Decision Making*, Washington, D.C.: World Resources Institute, 2011.

Bryant, Benjamin P., and Robert J. Lempert, “Thinking Inside the Box: A Participatory, Computer-Assisted Approach to Scenario Discovery,” *Technological Forecasting and Social Change* Vol. 77, No. 1, January 2010, pp. 34–49.

Fischbach, Jordan R., *Managing New Orleans Flood Risk in an Uncertain Future Using Non-Structural Risk Mitigation*, Santa Monica, Calif.: RAND Corporation, RGSD-262, 2010, [http://www.rand.org/pubs/rgs\\_dissertations/RGSD262.html](http://www.rand.org/pubs/rgs_dissertations/RGSD262.html).

Groves, David G., and Robert J. Lempert, “A New Analytic Method for Finding Policy-Relevant Scenarios,” *Global Environmental Change*, Vol. 17, No. 1, 2007, pp. 73–85.

Lempert, Robert J., and Myles T. Collins, “Managing the Risk of Uncertain Threshold Responses: Comparison of Robust, Optimum, and Precautionary Approaches,” *Risk Analysis*, Vol. 27, No. 4, August 2007, pp. 1009–1026.

Lempert, Robert J., David G. Groves, Steven W. Popper, and Steven C. Bankes, “A General, Analytic Method for Generating Robust Strategies and Narrative Scenarios,” *Management Science*, Vol. 52, No. 4, April 2006, pp. 514–528.

Popper, Stephen W., Robert J. Lempert, and Steven C. Bankes, “Shaping the Future,” *Scientific American*, April 2005, pp. 66–71.

Lempert, Robert J., Steven W. Popper, and Steven C. Bankes, *Shaping the Next One Hundred Years: New Methods for Quantitative Long-Term Policy Analysis*, Santa Monica, Calif.: RAND Corporation, MR-1626-RPC, 2003, [http://www.rand.org/pubs/monograph\\_reports/MR1626.html](http://www.rand.org/pubs/monograph_reports/MR1626.html).

Lempert, Robert J., “A New Decision Sciences for Complex Systems,” *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 99, Suppl. 3, May 14, 2002, pp. 7309–7313.

#### 應用案例

Lempert, Robert J., and David G. Groves, “Identifying and Evaluating Robust Adaptive Policy Responses to Climate Change for Water Management Agencies in the American West,” *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 77, No. 6, July 2010, pp. 960–974.

Dixon, Lloyd, Robert J. Lempert, Tom LaTourrette, and Robert T. Reville, *The Federal Role in Terrorism Insurance: Evaluating Alternatives in an Uncertain World*, Santa Monica, Calif.: RAND Corporation, MG-679-CTRMP, 2007, <http://www.rand.org/pubs/monographs/MG679.html>.

This is a Chinese translation (traditional) of “Making Good Decisions Without Predictions” (RB9701)

本研究集萃總結了蘭德司法、基礎設施及環境部門開展的研究工作。蘭德公司是一家致力於通過研究與分析來改善政策和決策的非營利性研究機構。蘭德公司的出版物未必代表其研究客戶和贊助商的觀點。RAND® 是蘭德公司的註冊商標。



## OBJECTIVE ANALYSIS. EFFECTIVE SOLUTIONS.

蘭德公司是一家致力通過研究與分析來改善政策和決策的非營利性研究機構。

作為蘭德公司的一項公共服務，本電子文檔可在 [www.rand.org](http://www.rand.org) 下載。

### 更多信息

請瀏覽蘭德公司網站 [www.rand.org](http://www.rand.org)

瀏覽 [文件詳情](#) (英文)

### 有限電子版發行權

本文件和文中所載商標受後文通知中所提及法律的保護。本電子文檔的知識產權歸蘭德公司所有，不得用於商業用途。未經授權，嚴禁在非蘭德公司所屬網站發佈蘭德公司的電子文檔。蘭德公司的電子文檔受版權法的保護。未經許可，不得複製或以其他形式將蘭德公司的任何研究文獻用於商業用途。有關翻印和鏈接授權的信息，請查詢蘭德公司涉及 [授權許可](#) 的網頁。