

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



Risk analysis in energy supply model

Course: Reliability and risk analysis

Instructor: Prof. Abbas Rajabi

Presenter: Mohammad Sharifian



July 31, 2022





سرفصل مطالب



- ❖ شناخت مدل‌ها و منابع عدم قطعیت در سیستم عرضه انرژی
- ❖ انواع روش‌های مدل‌سازی ریسک پذیر
- ❖ مدل‌سازی ریسک در مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی
- ❖ توسعه مدل عرضه انرژی با رویکرد مدیریت ریسک
- ❖ مطالعه موردی مدل ریسک پذیر در مقابل مدل قطعی
- ❖ جمع‌بندی و تحلیل نتایج



منابع عدم قطعیت در مدل عرضه انرژی

عدم قطعیت در منابع و
ذخایر انرژی



عدم قطعیت در پارامترهای
زیست محیطی



سایر عدم قطعیت ها (مسائل
سیاسی و اجتماعی)



عدم قطعیت در قیمت
حامل های انرژی



عدم قطعیت در تقاضای
انرژی



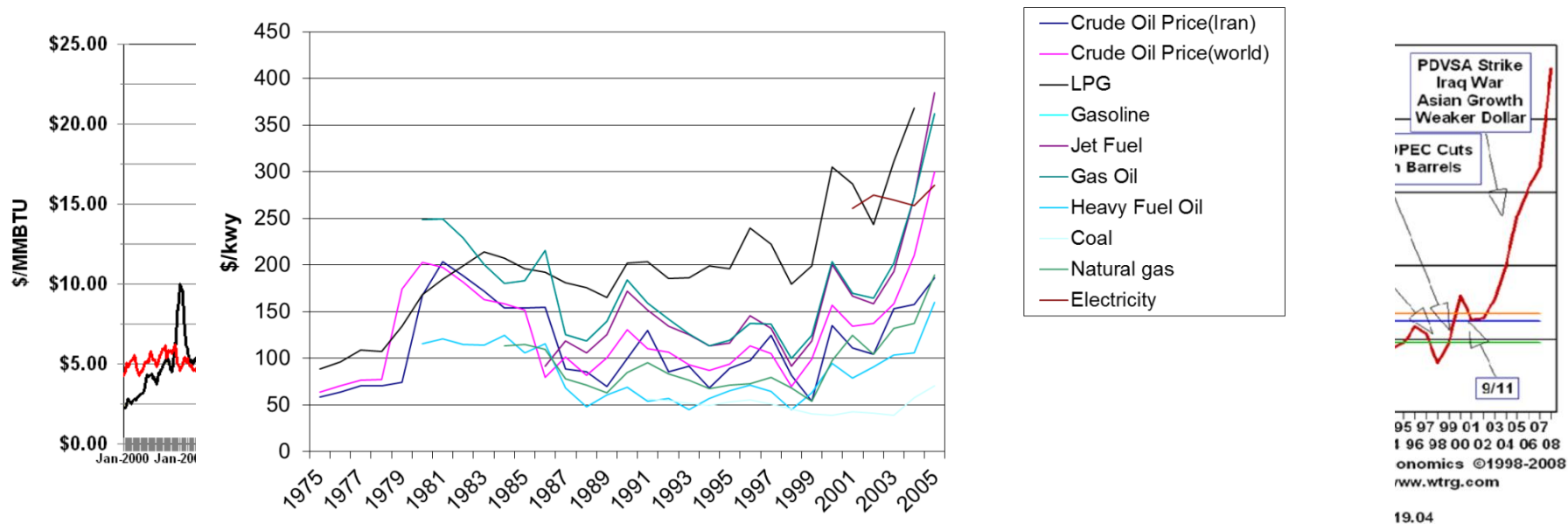
عدم قطعیت در توسعه
فناوری های انرژی





عدم قطعیت در قیمت حامل‌های انرژی

❑ قیمت حامل‌های انرژی به عنوان یکی از اصلی‌ترین عوامل تأثیرگذار بیرونی در حوزه سیستم‌های انرژی است که نتایج برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. از این میان **تغییرات قیمت نفت خام** تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر قیمت سایر حامل‌ها به جای خواهد گذاشت.



19.04



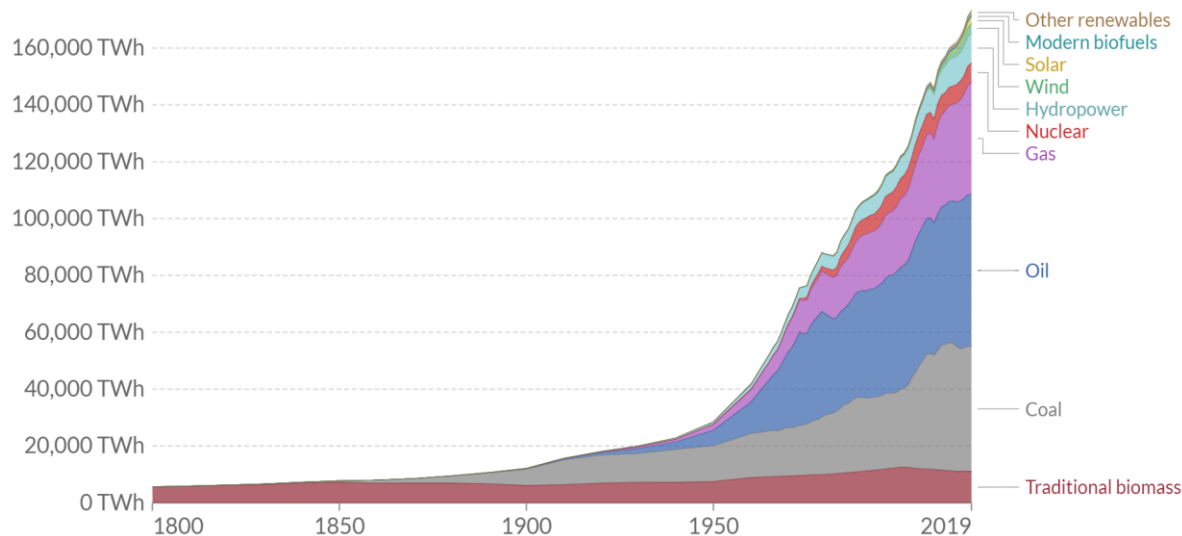
عدم قطعیت در تقاضای انرژی

Global primary energy consumption by source

Primary energy is calculated based on the 'substitution method' which takes account of the inefficiencies in fossil fuel production by converting non-fossil energy into the energy inputs required if they had the same conversion losses as fossil fuels.

Our World
in Data

Relative

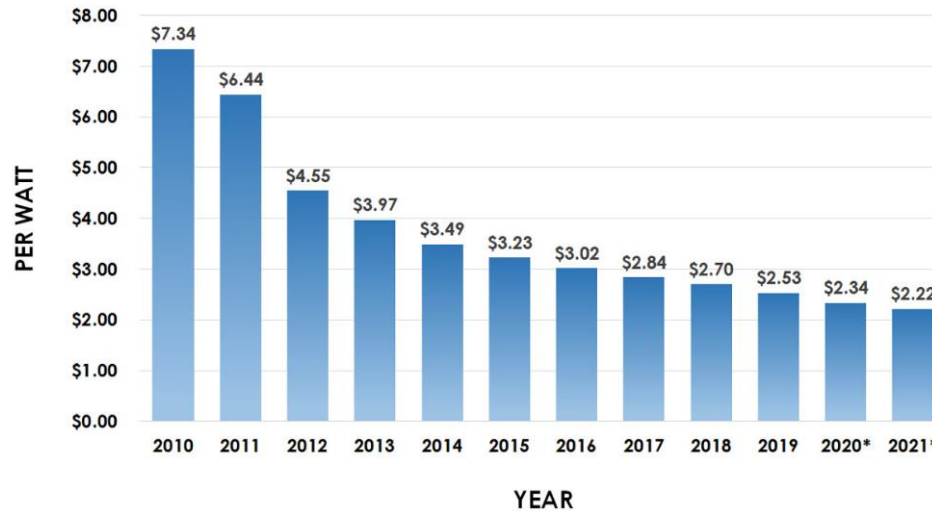


تقاضای انرژی دارای عدم قطعیت بوده و عوامل اصلی که بر تغییرات آن مؤثر می‌باشند شامل شاخص‌های اقتصادی کلان از جمله نرخ رشد اقتصادی، دسترسی به منابع انرژی، تغییرات فنی و اقتصادی فناوری‌ها، تغییرات آب و هوایی، ملاحظات محیط زیست و شرایط سیاسی می‌باشند. علاوه بر این مواردی چون ساختار بازار و قیمت‌های انرژی، مصرف حامل‌های انرژی غیر تجاری و توزیع درآمدی آحاد جامعه بر تقاضای انرژی تأثیر می‌گذارند.



عدم قطعیت در توسعه فناوری‌های انرژی

COST OF SOLAR PANELS OVER TIME



➤ فناوری‌های سیستم انرژی شامل فناوری‌های اکتشاف، استخراج، فراورش، تبدیل، انتقال، توزیع و مصرف انرژی همواره در حال پیشرفت و تحول می‌باشند. این تغییرات هم از بعد فنی، شامل افزایش راندمان و بهره‌وری و کاهش آلودگی‌های محیط‌زیستی و هم از بعد اقتصادی با تغییر در هزینه تکنولوژی‌های جدید و قدیمی ضمن ایجاد پتانسیل‌های جدید برای استفاده از انرژی‌های نو و تجدیدپذیر، باعث می‌گردند تا سبد عرضه و تقاضای انرژی با جهت‌گیری‌های جدید مواجه گردد.

Crude Oil Reserves in Billion Barrels (Gbbl)





انواع روش‌های مدل‌سازی ریسک‌پذیر



روش تحلیل حساسیت

میزان حساسیت متغیرهای خروجی
مدل نسبت به تغییرات در متغیرهای
ورودی نمایان می‌گردد.

روش سناریوسازی

در نظرگرفتن حالات امکان پذیر و
قابل وقوع آتی برای یک سیستم
غیرقطعی به منظور بسط شناخت
نسبت به آینده آن.

روش فرایندهای تصادفی

استفاده از احتمالات، ریاضیات و
آمار برای بیان عدم قطعیت جهت
تحلیل چگونگی وقوع پدیده‌ها



روش تحلیل حساسیت



معایب روش تحلیل حساسیت:

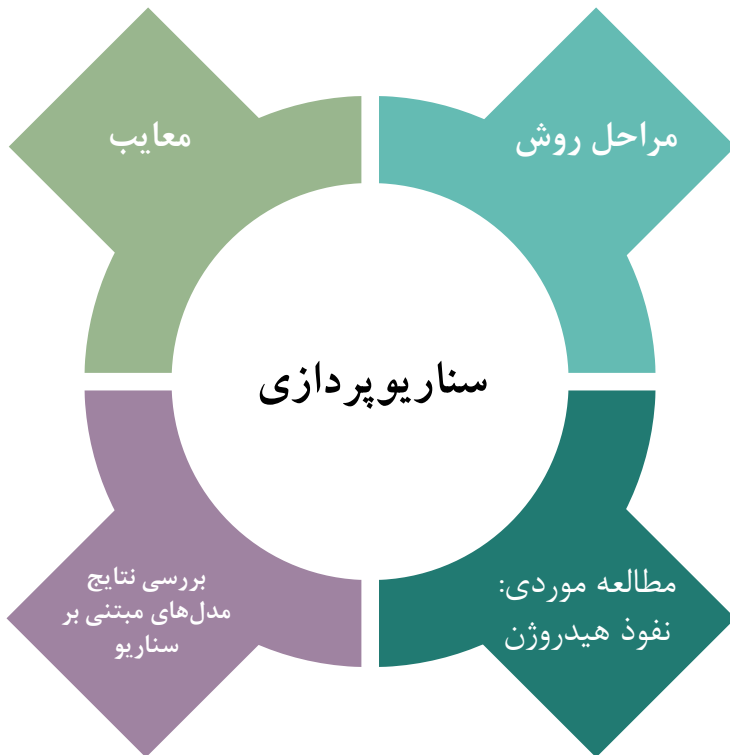
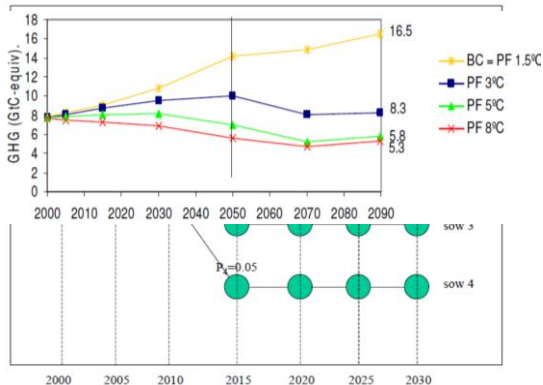
- ❖ عدم پاسخگویی در شرایط غیرخطی
- ❖ عدم پاسخگویی در بلند مدت
- ❖ عدم امکان تفکیک نتایج و تحلیل اثر جداگانه هر یک از قیدها در صورت تحلیل حساسیت اثرات بیش از یک مورد



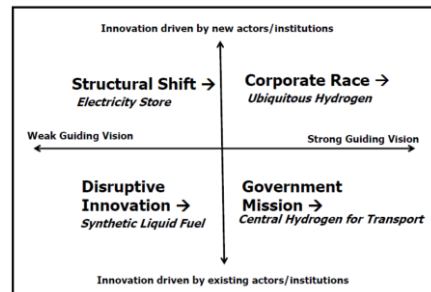
روش سناریوسازی



➤ عدم پوشش همزمان سناریوهای همراه با توزیع احتمالی



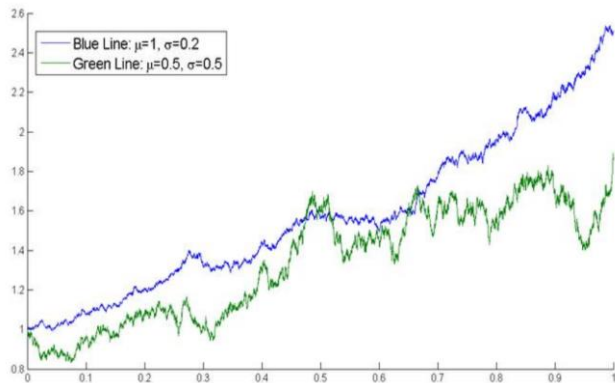
- شناسایی و ارزیابی سیستم انرژی
- بیان رفتار سیستم انرژی توسط یک مدل انرژی
- شناسایی و انتخاب پارامترهای برونزای (قابل کنترل و غیرقابل کنترل) سیستم
- انتخاب ترکیب حالات مؤثر
- گردآوری سناریوهای اکتشافی





روش فرایندهای تصادفی

$$\frac{dS_t}{S_t} = \mu \cdot dt + \sigma \cdot dB_t$$



مدل‌های
تصادفی ریسک
پذیر

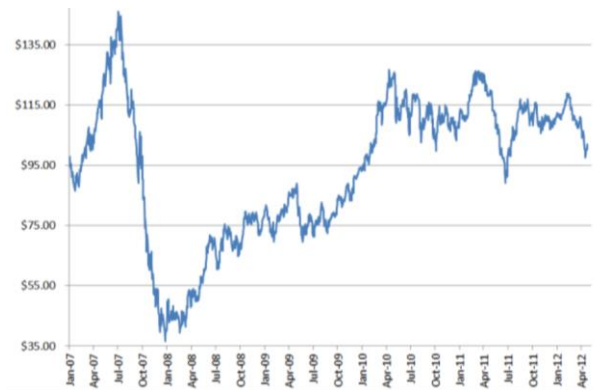
A

B

MRM



$$ds_t = k(\alpha - \ln(S_t)) \cdot S_t \cdot dt + \sigma \cdot S_t \cdot dB_t$$





انواع ریسک

سیستمی

- ✓ مربوط به تحولات کلی بازار اقتصاد
- ✓ مربوط به تمامی بازیگران عرصه اقتصادی و یا حجم کنترل سیستم مورد بحث
- ✓ غیرقابل اجتناب می باشد
- ✓ مثال: تورم در سطح کشور

غیر سیستمی

- ✓ مختص به یک حوزه معین یا بنگاه اقتصادی خاص
- ✓ قابل کاهش توسط روش های مختلف



مدلسازی ریسک در مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی

روش Minmax

کمینه کردن بیشترین خسارات محتمل ناشی از عدم قطعیت برای تصمیم‌گیری است. رابطه ریاضی روش MiniMax برای یک مسئله دومرحله‌ای مطابق با فرمول زیر عبارت است از کمینه کردن بیشترین تفاضل هزینه ناشی از مدل تصادفی و هزینه سیستم قطعی به ازای سناریوهای معین.

$$\min \& \max \{f_1(x) + f_2(x, \omega) - Z(\omega)\}$$

روش Mean-risk

محاسبه تغییرپذیری تابع هدف با استفاده از توابع ریسک. ($E[Y]$) که امید ریاضی متغیر را نشان می‌دهد و مقدار انحراف ($D[Y]$) که ریسک ناشی از وجود عدم قطعیت را اندازه‌گیری می‌نماید. در مدل مارکوفیتز شاخص واریانس برای اندازه‌گیری ریسک به کار برده می‌شود.

$$\min E[Y] + \text{Var}[Y]$$

توابع ریسک ساختاریافته

در یک مدل چندمرحله‌ای مقادیر متغیرهای تصادفی در هر مقطع زمانی می‌توانند به صورت گسسته در نظر گرفته شده و تغییرات زمانی آنها با استفاده از سناریوهای تصادفی تعریف گردد.



توابع ریسک ساختاریافته

$$\rho^a : R^{|C_a|} \rightarrow R, a \in \Omega_t$$

$$\rho_{t+1} := (\rho^{a_1}, \dots, \rho^{a_k}) : R^{k_{t+1}} \rightarrow R^k, t=1, \dots, T-1$$

$$\{a_1, \dots, a_k\} = \Omega_t \text{ و } R^{K_{t+1}} = R^{|C_{a_1}|} \times \dots \times R^{|C_{a_k}|}$$

$$\rho_{t+1} : Z_{t+1} \rightarrow Z_t$$

Convexity:

$$\rho_{t+1}(\alpha Z_1 + (1-\alpha)Z_2) \leq \alpha \rho_{t+1}(Z_1) + (1-\alpha) \rho_{t+1}(Z_2), \forall Z_1, Z_2 \in Z_{t+1}, \alpha \in [0, 1]$$

Monotonicity:

$$\forall Z_1, Z_2 \in Z_{t+1}, Z_1 \leq Z_2 \Rightarrow \rho_{t+1}(Z_1) \leq \rho_{t+1}(Z_2)$$

Translation equivalence:

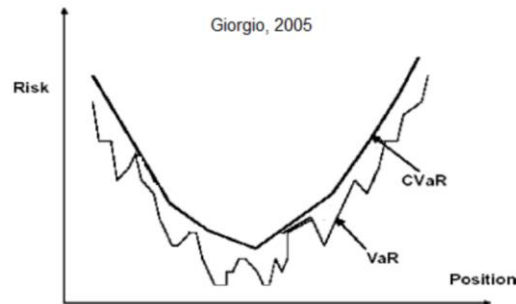
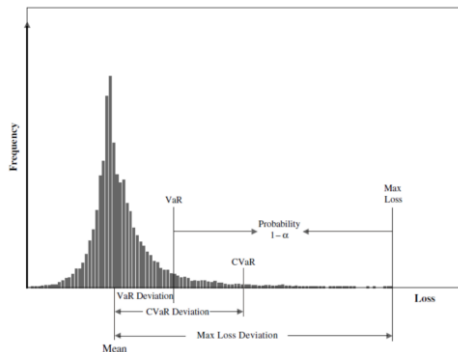
$$Z \in Z_{t+1}, Z' \in Z_{t+1} \Rightarrow \rho_{t+1}(Z + Z') = \rho_{t+1}(Z) + Z'$$

Positive homogeneity:

$$\forall \alpha \geq 0, Z \in Z_{t+1} \Rightarrow \rho_{t+1}(\alpha Z) = \alpha \rho_{t+1}(Z)$$

$$\sigma[Y] = E[\{Y - E[Y]\}_+^P]^{1/P}, \quad \{ \}_+ \text{ means } Y \geq E[Y]$$

$$CVaR_\alpha[Y] = \frac{1}{1-\alpha} \int_\alpha^1 VaR_\tau[Y] d\tau, \quad \alpha \in (0, 1)$$





توسعه مدل عرضه انرژی با رویکرد مدیریت ریسک

مدلسازی توابع ریسک در مدل عرضه انرژی
تصادفی ریسک گریز

$$D_{t, \text{Energy price}} = \text{CVaR} @ \alpha_t (\tilde{P}_t - E[\tilde{P}_t]),$$

$\tilde{P}_t = \text{Matrix of uncertain energy prices}$

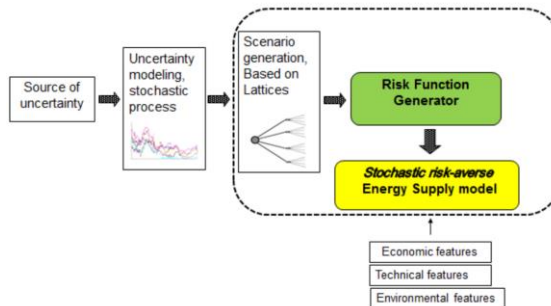
$$D_{t, \text{Tech. cost}} = \text{CVaR} @ \alpha_t (\tilde{T}c_t - E[\tilde{T}c_t]),$$

$\tilde{T}c_t = \text{Matrix of uncertain technology costs}$

$$D_{t, \text{Efficiency}} = \text{CVaR} @ \alpha_t \left(\frac{\tilde{\eta}_t - E[\tilde{\eta}_t]}{E[\tilde{\eta}_t]} \right) . MC_{\text{Energy flow}}$$

$\tilde{\eta}_t = \text{Matrix of uncertain technology efficiency}$

$MC_{\text{Energy flow}} = \text{Marginal cost of passing energy flow from technology}$



توسعه مدل عرضه انرژی تصادفی ریسک گریز

$$\begin{aligned} \min_{x_1 \in X_1} f_1(x_1) + \text{Exp} \left[\min_{x_2 \in X_2(x_1, \omega_2)} f_2(x_2, \omega_2) + \dots + \text{Exp} \left[\dots \right. \right. \\ \left. \left. + \text{Exp} \left[\min_{x_T \in X_T(x_{T-1}, \omega_T)} f_T(x_T, \omega_T) \right] \right] \right] \end{aligned}$$

$$\rho_{t+1} := (\rho^{a_1}, \dots, \rho^{a_n}) : R^{k_{t+1}} \rightarrow R^k, \rho^a : R^{|Ca|} \rightarrow R, a \in \Omega$$

$$\begin{aligned} \min \quad & \tilde{C}_1^T X_1 . r(1) + E[\tilde{C}_2^T X_2 . r(2)] + \lambda_2 . D_2[\tilde{C}_2^T X_2 . r(2)] + \dots \\ & \dots + E[\tilde{C}_T^T X_T . r(T)] + \lambda_T . D_T[\tilde{C}_T^T X_T . r(T)] \end{aligned}$$

S.t. $\tilde{A} . X \geq \tilde{B}$, for every scenarios

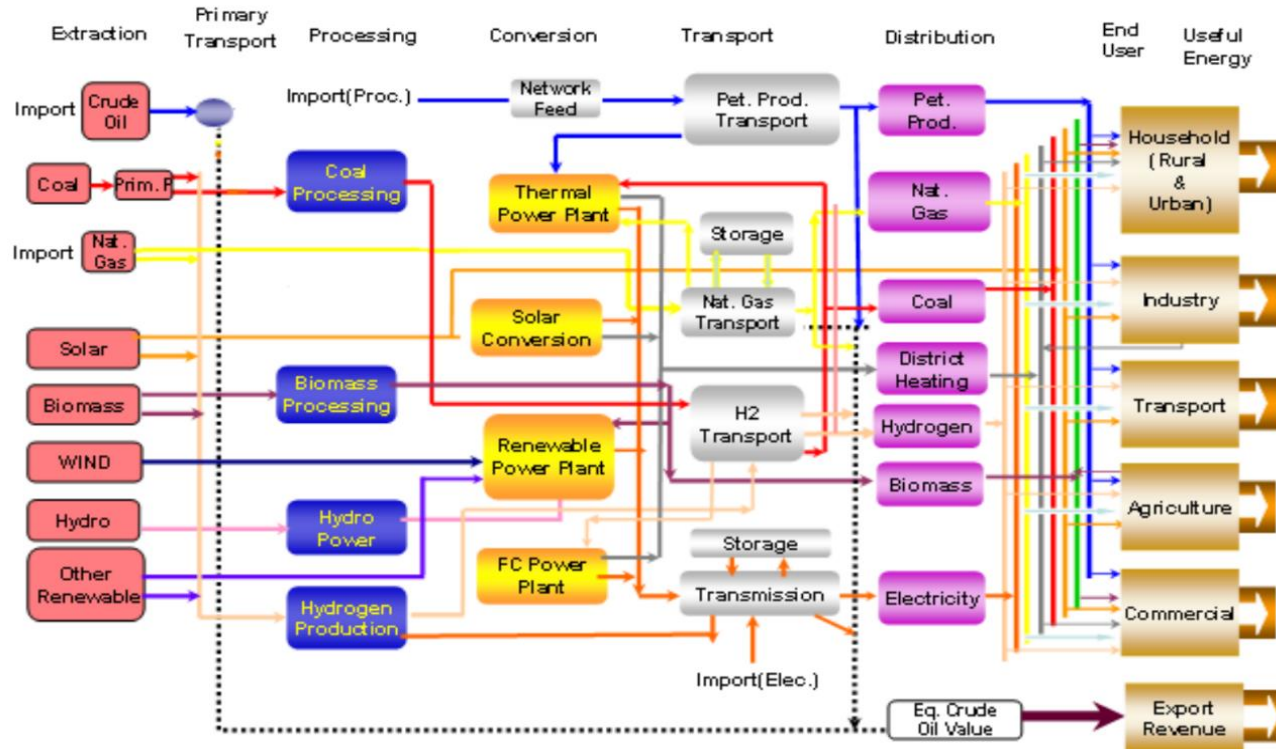
$\tilde{A}, \tilde{B}, \tilde{C}$: techno - economic coefficient vectors

X : Decision making variable vectors

r : Risk - free discounting function



کاربرد مدل عرضه انرژی تصادفی مبتنی بر ریسک

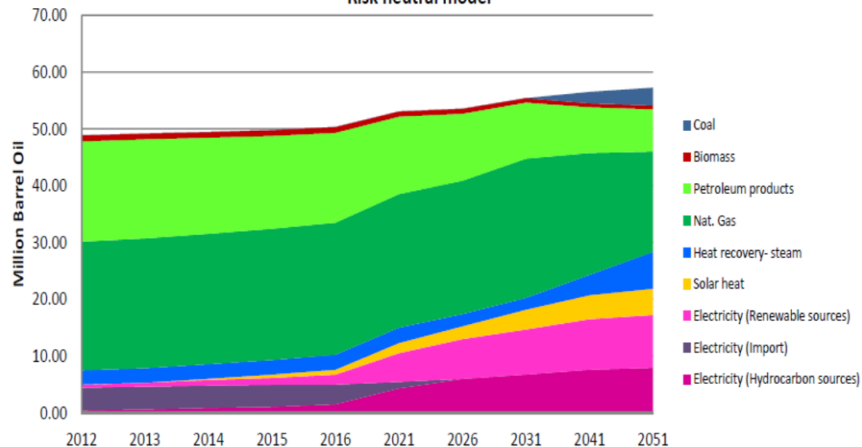




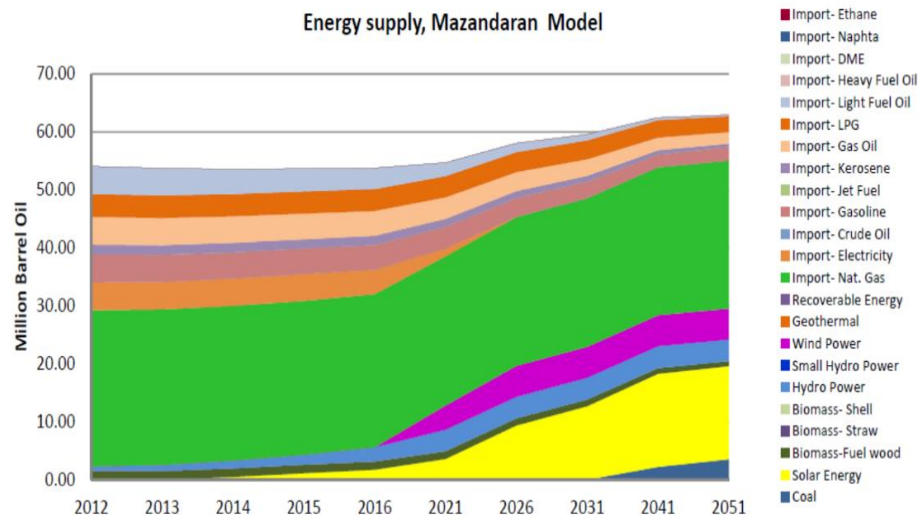
مدلسازی مدل گریز و مقایسه آن با ریسک خنثی

نتایج مدلسازی عرضه انرژی به صورت خنثی :

End use energy, Mazandaran Model
Risk neutral model



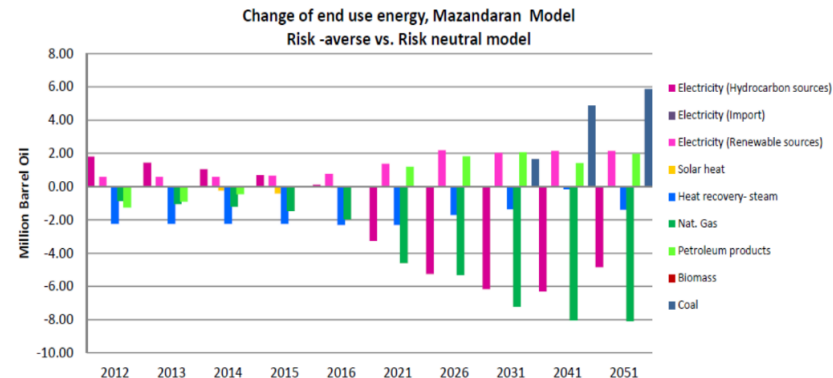
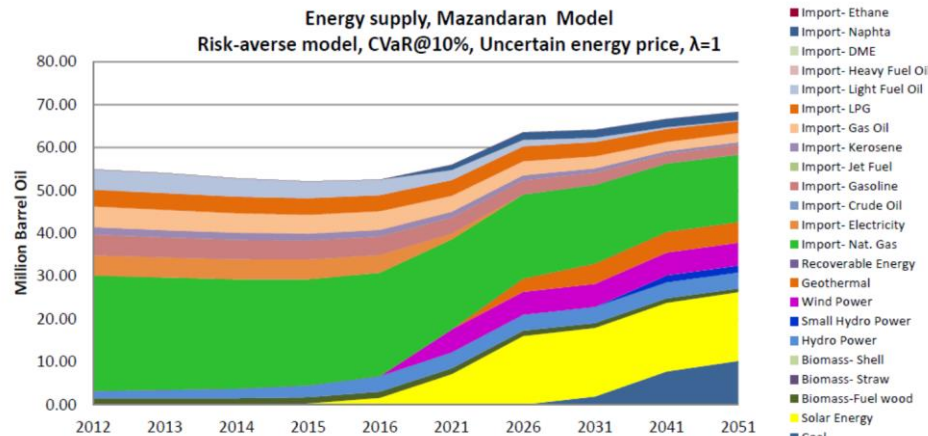
Energy supply, Mazandaran Model





مدلسازی مدل گریز و مقایسه آن با ریسک خنثی

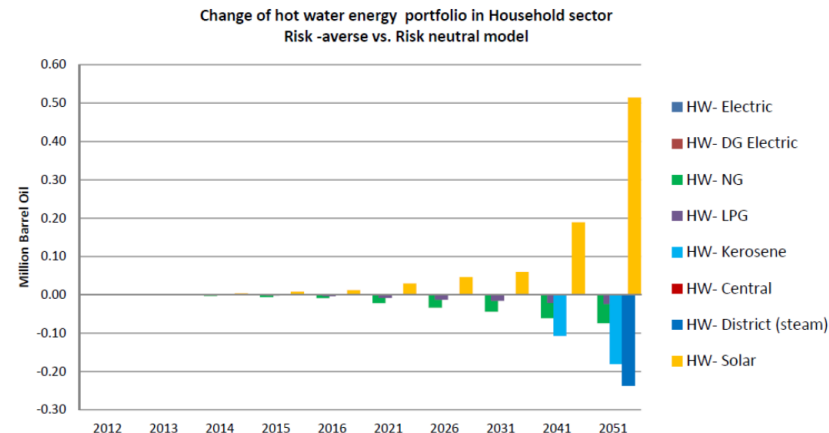
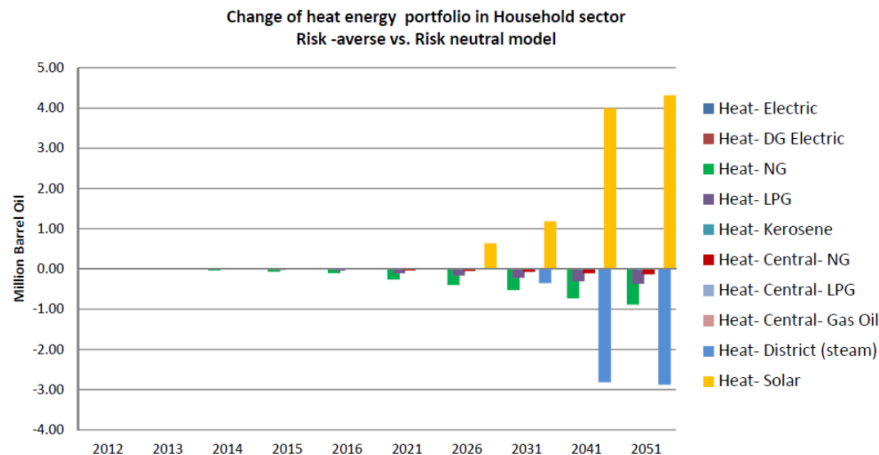
نتایج اجرای مدل انرژی ریسک گریز در شرایط عدم قطعیت قیمت حامل های انرژی:





مدلسازی مدل گریز و مقایسه آن با ریسک خنثی

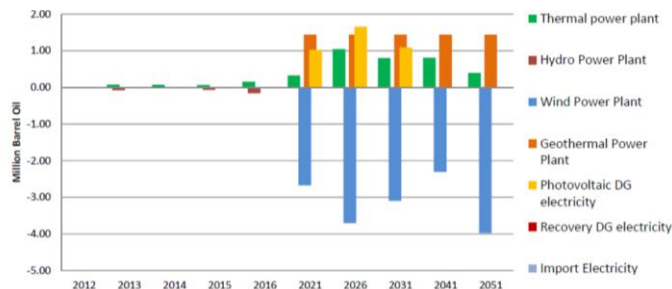
نتایج اجرای مدل انرژی ریسک گریز در شرایط عدم قطعیت تقاضای مفید انرژی:



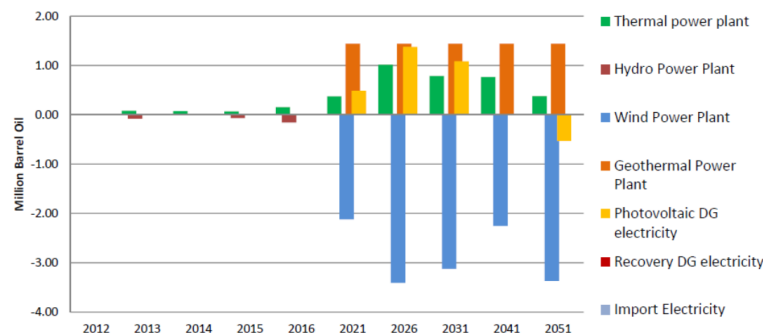
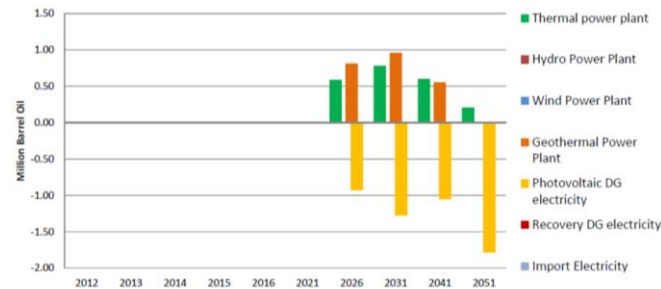


مدلسازی مدل گریز و مقایسه آن با ریسک خنثی

نتایج اجرای مدل انرژی ریسک گریز در شرایط عدم قطعیت فناوری های انرژی:



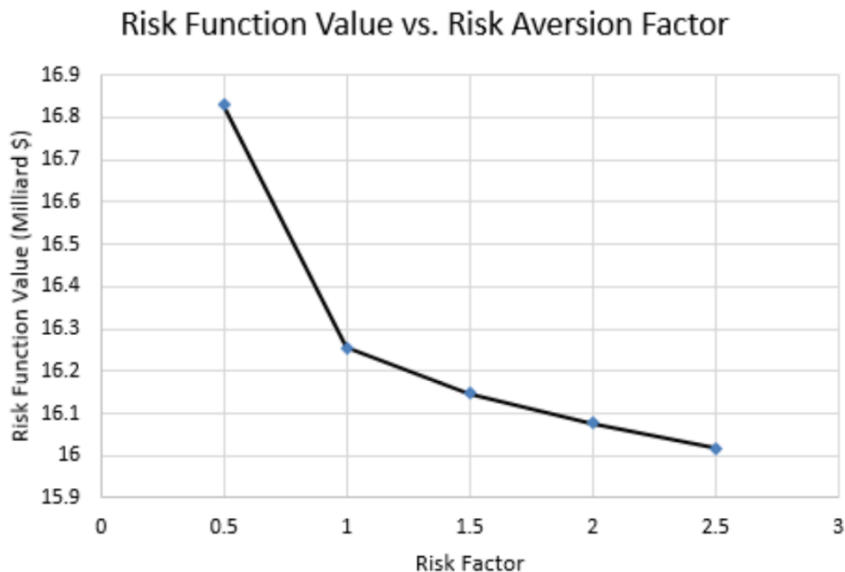
Change in electricity production





مدلسازی مبتنی بر ریسک و مقایسه آن با مدل قطعی

نتایج اجرای مدل انرژی ریسک‌گرایز در شرایط عدم قطعیت توأم پارامترهای ورودی:





جمع‌بندی و تحلیل نتایج

در مدل‌های Bottom-up انرژی، با استفاده از توابع ریسک ساختار یافته، مدل عرضه انرژی تصادفی ریسک‌گرایز توسعه داده شد. این مدل هزینه کل سیستم انرژی به ازای مقادیر متوسط متغیرهای تصادفی را به همراه هزینه ریسک ناشی از وجود عدم قطعیت در سیستم و تحت قیود تعریف شده برای مدل کمینه می‌نماید. در این مدل ابتدا منابع عدم قطعیت مشابه مدل ریسک‌خشی توسط شبکه گسسته‌سازی شده از سناریوهای تصادفی، به عنوان ماجولی از مدل انرژی مدلسازی می‌گردند، سپس ضرایب توابع ریسک توسط ماجول به هم پیوسته تولید توابع ریسک، ایجاد می‌گردند. مزیت این رویکرد، مدلسازی منابع عدم قطعیت و محاسبه ریسک به صورت به هم پیوسته درون مدل انرژی می‌باشد. در مدل انرژی ریسک‌گرایز توسعه داده شده، منابع متنوعی از پارامترهای برون‌زا همراه با عدم قطعیت در نظر گرفته می‌شوند. تقسیم‌بندی این پارامترها شامل پارامترهای موجود در ضرایب تابع هدف مدل (از جمله قیمت حامل‌های انرژی اولیه و هزینه فناوری‌ها) پارامترهای موجود در ضرایب سمت چپ قیود مدل (مربوط به راندمان فناوری‌ها) و پارامترهای موجود در ضرایب سمت راست قیود مدل (مربوط به تقاضای انرژی مفید) می‌باشد.



منابع و مراجع

- [1] Nakata T. Energy-Economic models and the environment. Progress in Energy and Combustion Science, 2004, 30: 417-475.
- [2] Jebaraj S. et al. A review of energy models. Renewable & Sustainable Energy Reviews, 2006,10: 281-311.
- [3] Connolly D. Lund H. Mathiesen B.V. Leahy M. A review of computer tools for analysing the integration of renewable energy into various energy systems. Applied Energy, 2009.
- [4] Loulou R. et al. Documentation of MARKAL family of models. ETSAP, IEA, 2004.
- [5] Baretti L. et al. Extension to the energy-system GMM model: An overview. Paul Scherrer Institute, 2006.
- [6] Schrattenholzer L. The energy supply model MESSAGE. International Institute for Applied Systems Analysis, Austria, 1981.
- [7] Saboohi Y. Ein regionalisiertes model für die energiplanung in entwicklungslandern. Institut für Kernenergie und Energie systeme. Universität Stuttgart. ISSN 0173-6892, 1989.
- [8] Kann A. et al. Approaches for performing uncertainty analysis in large-scale energy/economic policy models. Environmental modeling and assessment, 2000, 5: 29-46.
- [9] Dungan J. L. Gao D. Pang A. T. Definitions of Uncertainty. White paper, NASA Ames research center, 2002.
- [10] Portney P.R. Weyant J.P. Discounting and integrational equity. Resources for future, Washington, 1999.
- [11] Ruszczynski A. Modeling Uncertainty. International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Laxenburg, Austria, summer 1995, 12-13.
- [12] Zapert R. Gaertner P.S. Filar J.A. Uncertainty propagation within an integrate model of climate change. Energy Economy, 1998, 20: 5-6.
- [13] Pindyck R. S. The dynamics of commodity spot and futures markets: A primer. Energy Journal, 2001, 22(3):1-29.
- [14] Pindyck R. S. Volatility in natural gas and oil market. Journal of energy and development, 2004, 30(1)
- [15] Blanken K.D. Long-run forecasting of energy prices: Analysing natural gas, steam coal and crude oil prices for DELTA energy. Ms.Sc. Thesis, Erasmus University Rotterdam, 2008.
- [16] Evarest E. Pricing of energy by means of stochastic model. Ms.Sc. Thesis, University of Dar es Salam, 2008.
- [17] British Petroleum Annual Energy Outlook, 2010.
- [18] Jones C.T. Accounting for Technical Progress in Aggregate Energy Demand. Energy Economics, 1994, 16: 245-252.
- [19] Hunt L. C. Judge G. and Ninomiya Y. Underlying Trends and Seasonality in UK Energy Demand: A Sectoral Analysis. Energy Economics, 2003a, 25: 93-118.
- [20] Hunt L. C. Judge G. and Ninomiya Y. Modelling Underlying Energy Demand Trends, Chapter 9 in Hunt, L. C. (Ed) Energy in a Competitive Market: Essays in Honour of Colin Robinson, Cheltenham. UK: Edward Elgar, 2003b, 140-174.

- [16] Evarest E. Pricing of energy by means of stochastic model. Ms.Sc. Thesis, University of Dar es Salam, 2008.
- [17] British Petroleum Annual Energy Outlook, 2010.
- [18] Jones C.T. Accounting for Technical Progress in Aggregate Energy Demand. *Energy Economics*, 1994, 16: 245-252.
- [19] Hunt L. C. Judge G. and Ninomiya Y. Underlying Trends and Seasonality in UK Energy Demand: A Sectoral Analysis. *Energy Economics*, 2003a, 25: 93-118.
- [20] Hunt L. C. Judge G. and Ninomiya Y. Modelling Underlying Energy Demand Trends, Chapter 9 in Hunt, L. C. (Ed) *Energy in a Competitive Market: Essays in Honour of Colin Robinson*, Cheltenham. UK: Edward Elgar, 2003b, 140-174.
- [21] Karlsson K. Meibom P. Optimal investment paths for future renewable based energy systems- Using the optimization model Balmorel. *Int. Journal of Hydrogen Energy*, 2008, 33(7):1777-1787.
- [22] Rout U.K. Blesl M. Remme U. Vo A. Uncertainty in the learning rates of energy technologies:An experiment in a global multi-regional energy system. *Energy Policy*, 2009, 37: 4927-4942.
- [23] Salas P. Literature Review of Energy – Economics Models, Regarding Technological Change and Uncertainty. Cambridge Center for Climate Change Mitigation Research (4CMR), Working Paper 4CMR#3, 2013.
- [24] Tarhan B. Grossmann I.E. Goel V. A multistage stochastic programming approach for the planning of offshore oil or gas field infrastructure under decision dependent uncertainty. *Ind. Eng. Chem. Res.* 2009, 48(6): 3078-3097.
- [25] Goel V. Grossmann I. A stochastic programming approach to planning of offshore gas field developments under uncertainty in reserves. *Computer & Chemical Engineering*, 2004, 28: 1409- 1429.
- [26] Dreimann M. Speck R. Solar Power: Managing uncertainty of emerging technologies. Mark Center for Technological Innovation, University of Pennsylvania, 2010.
- [27] Zhang L. Zhang X. Li Sh. Wang Q. Comprehensive utilization of oil shale and prospect analysis. *Energy Procedia*, 2012, 17: 39-43.
- [28] Vengosh A. Warner N. Jackson R. Darrah T. The effects of shale gas exploration and hydraulic fracturing on the quality of water resources in the United States. *Procedia Earth and Planetary Science*, 2013, 7: 863-866.
- [29] Christian Muller-Scholl C. Feri U. Uncertainty analysis in solar collection measurement. *Proceedings of European 2000*, Copenhagen.
- [30] Holttinen H. Miettinen J. Sillanpaa S. Wind power forecasting accuracy and uncertainty in Finland. VTT technical research center of Finland, ISSN-L-2242-1211, 2013.
- [31] Brower M. Robinson N. Hale E. Wind flow modeling uncertainty, Quantification and application to monitoring strategies and project design. AWS Truepower LLC, 2010.
- [32] Newell R.G. Pizar W.A. Regulating stock externalities under uncertainty. 2003, 416–432.
- [33] Yang M. et al. Evaluating the power investment options with uncertainty in climate policy.

Thank you

For Your Attention



mohammadsharifian8@gmail.com



<https://www.linkedin.com/in/mohammad-sharifian-374495170>