

جلسه دفاع پایان نامه کارشناسی

بِسْمِ اللَّهِ

مهر ۱۴۰۲



دانشجو : علیرضا طباطبائیان

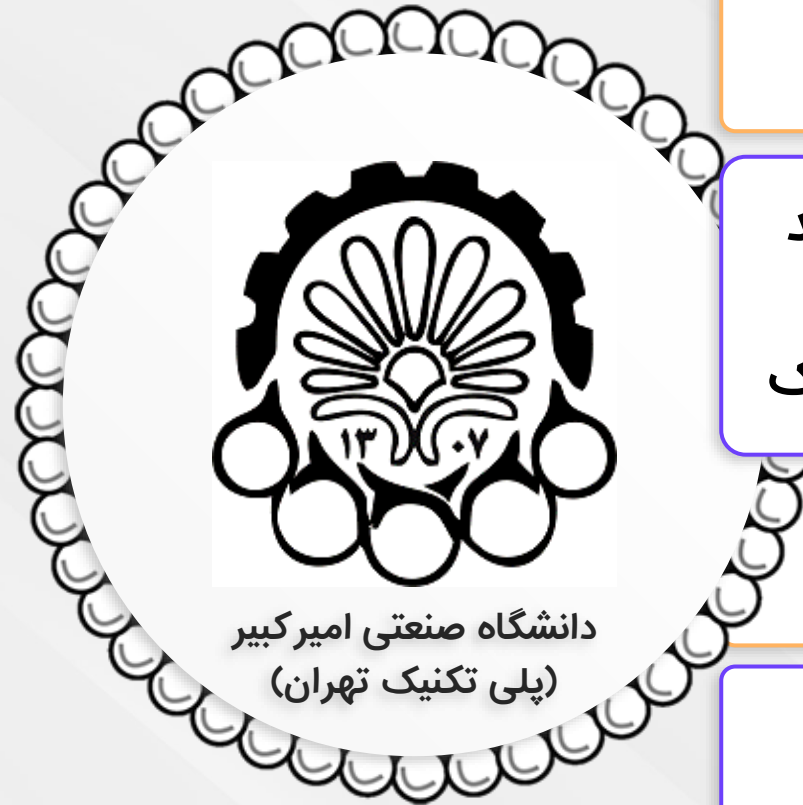
رشته : مهندسی برق گرایش مخابرات

عنوان پروژه : بیشینه سازی عملکرد سیستم چند
ورودی - تک خروجی به کمک سطوح بازتاب
دهنده هوشمند با استفاده از بهینه سازی کلاسیک

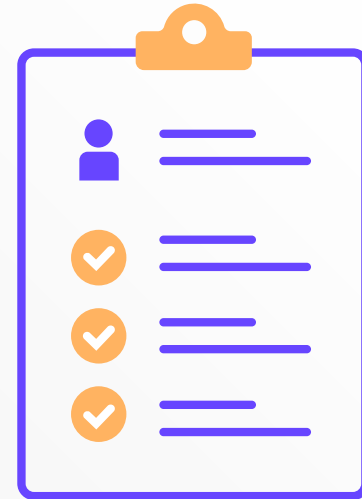
استاد راهنما : دکتر محمد جواد عمادی

شماره دانشجویی : ۹۷۲۳۰۵۲

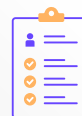
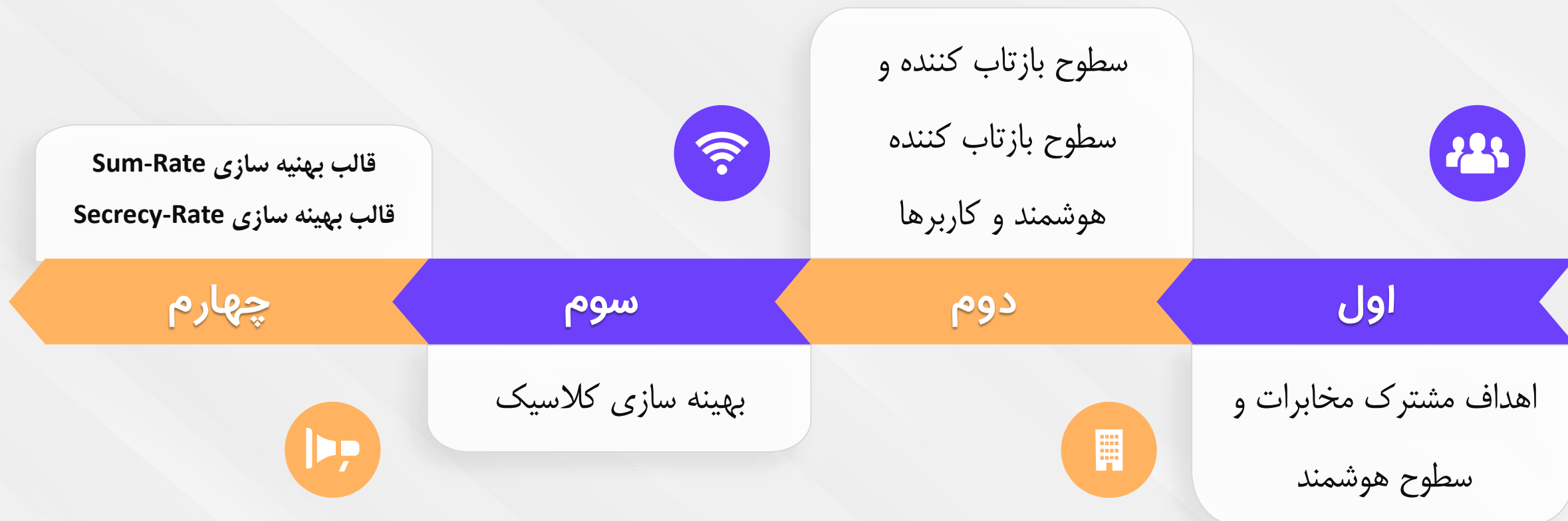
تاریخ ارائه : مهر ۱۴۰۲



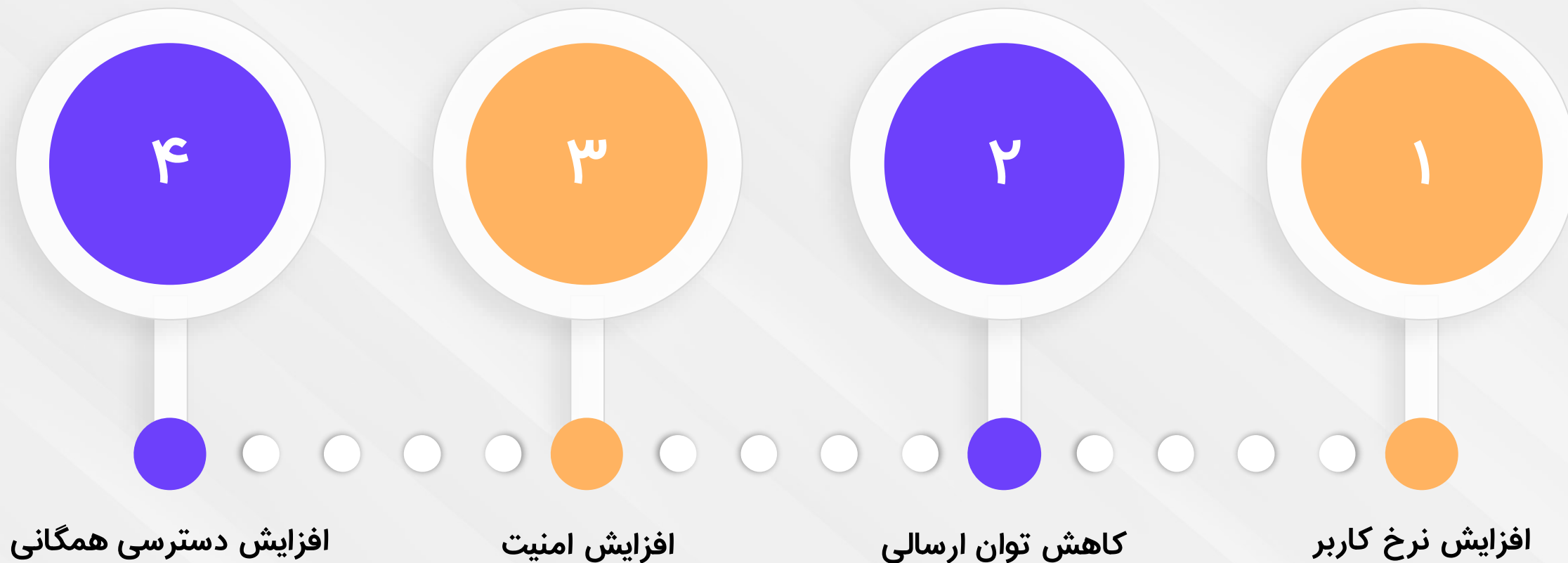
٢. مقدمه



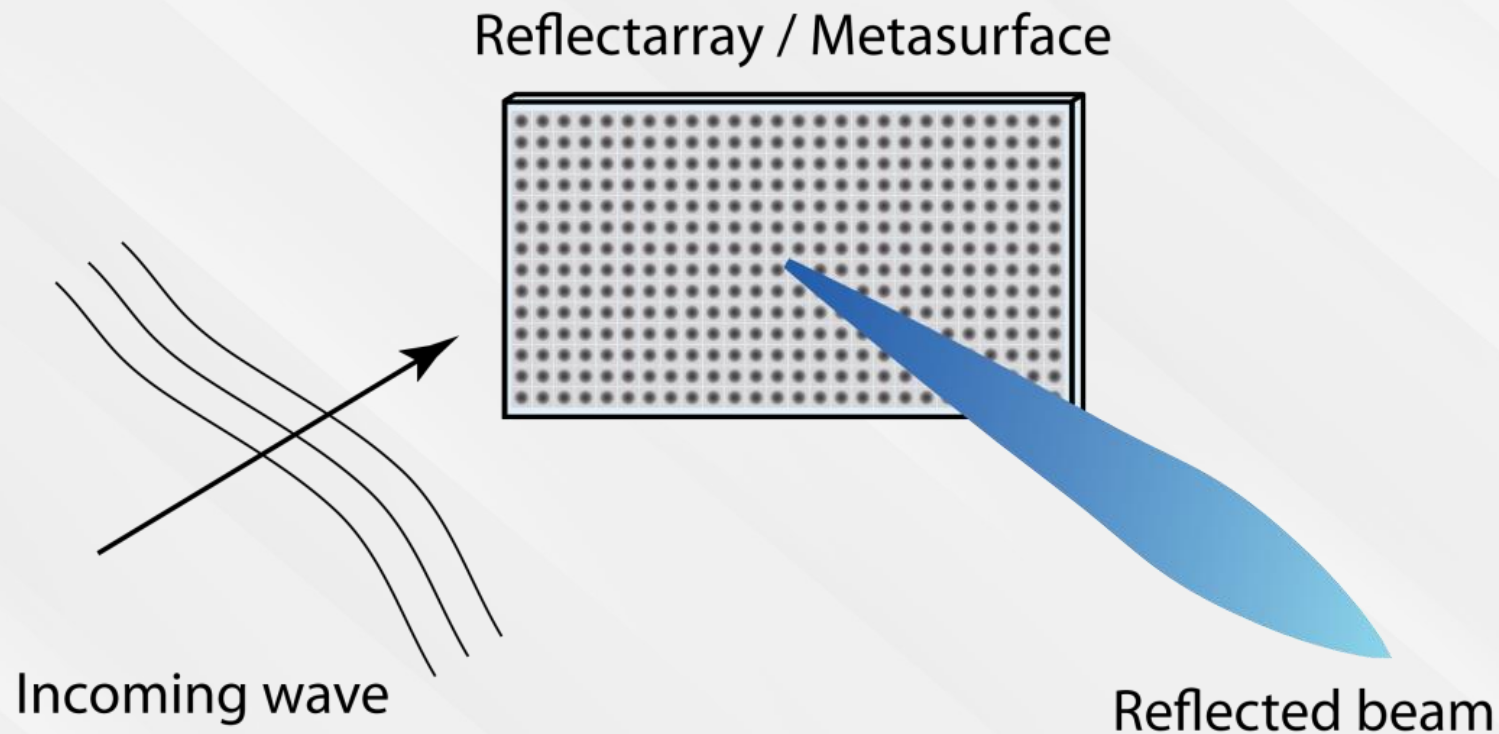
آنچه در این فصل بررسی خواهیم نمود:



اهداف مخابرات که به کمک سطوح هوشمند امکانپذیر میشود



سطوح بازتاب کننده (هوشمند) چیست؟



کاربردهای اصلی سطوح بازتاب دهنده هوشمند

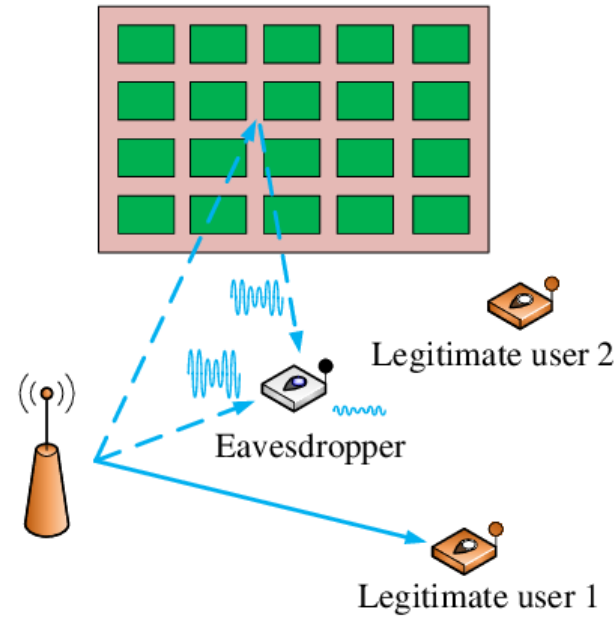
۱. ارسال سیگنال به نقاط کور

۲. محدود کردن سیگنال شنود کننده

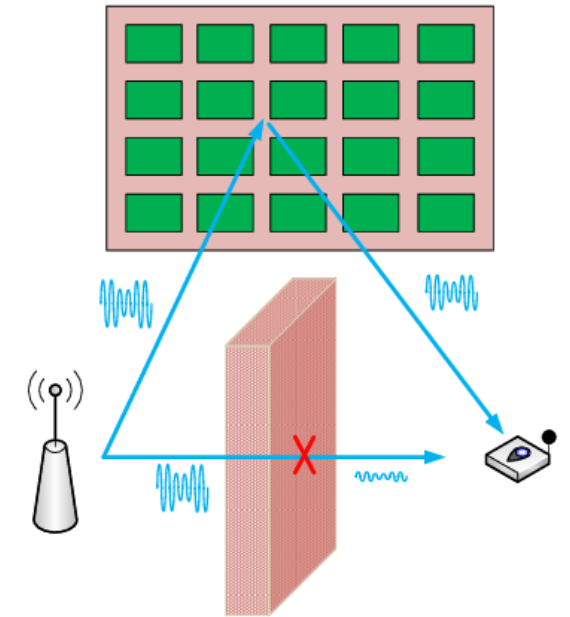
۳. ارسال توان به نقاط خاص

۴. افزایش کیفیت کاربر در شرایط وجود دید مستقیم

۵. کیفیت ثابت در ازای توان کمتر یا کیفیت بیشتر در ازای توان ثابت



(b) Physical layer security



(a) User at dead zone



- هدف بهینه سازی کلاسیک
- تفاوت بهینه سازی کلاسیک و مدرن
- تفاوت بهینه سازی بدون شرط و همراه با شرط
- توابع محدب و بهینه سراسری
- آیا جواب مسئله ما، سراسری است؟

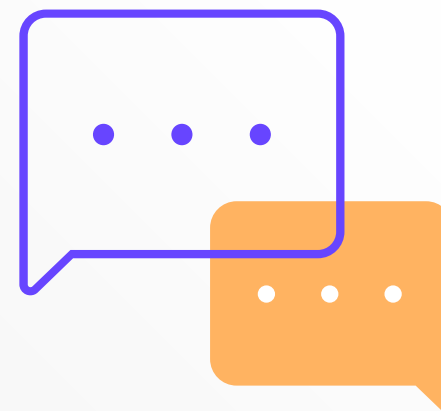
تفاوت مسائل Sum-Rate و Secrecy-Rate

- در مسائل نرخ امنیت، هدف افزایش نرخ چند کاربر و کاهش نرخ سایر کاربران میباشد.
- قالب آن بصورت مجموع چند تابع لگاریتمی و تفاضل چند تابع لگاریتمی میباشد.
- شیوه و تکنیک حل آنها مخصوصا در تبدیل هایی که استفاده میکنیم، با مسائل مجموع نرخ متفاوت میباشد.

- در مسئله مجموع نرخ ها، هدف افزایش نرخ کاربران میباشد.
- قالب آن بصورت مجموع چند تابع لگاریتمی میباشد.

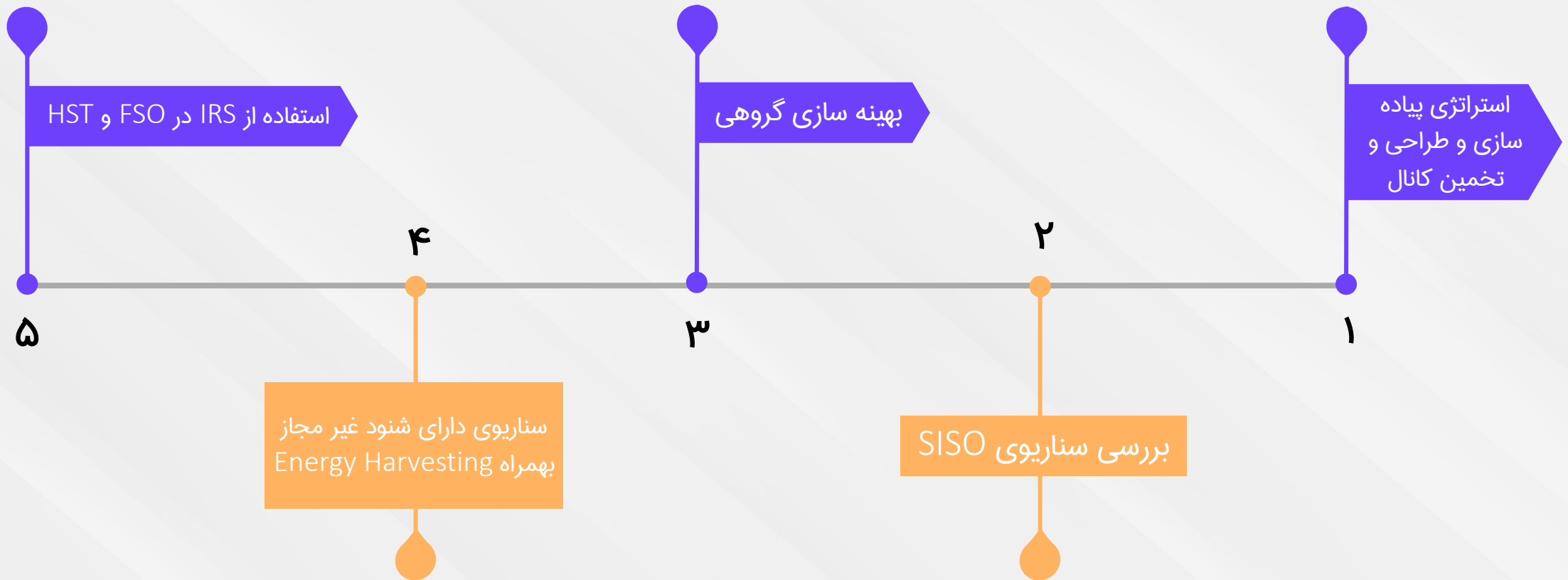


۳. کارهای پیشین

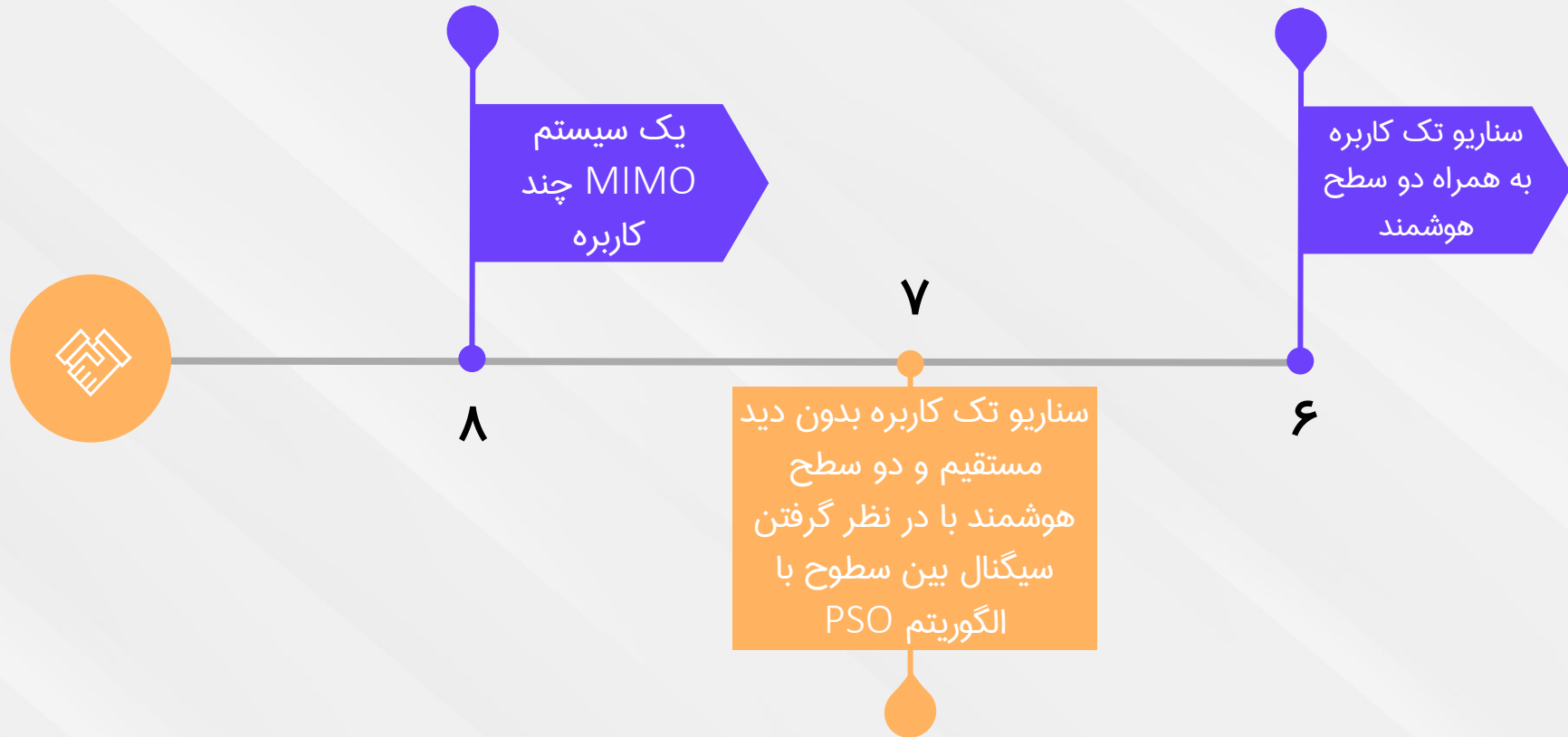


کارهای پیشین

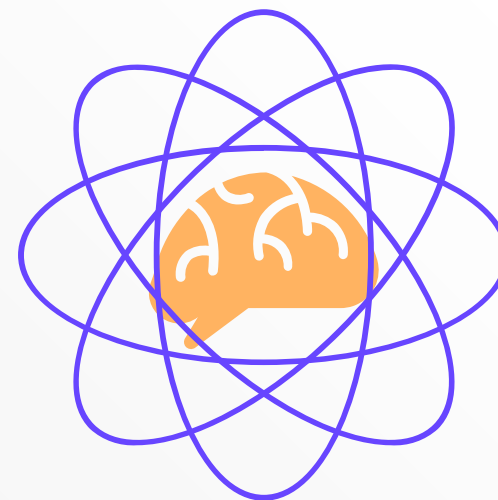
بخش اول



کارهای پیشین بخش دوم



۴. سناریو و الگوریتم بهینه سازی



آنچه در این فصل بررسی خواهیم نمود:



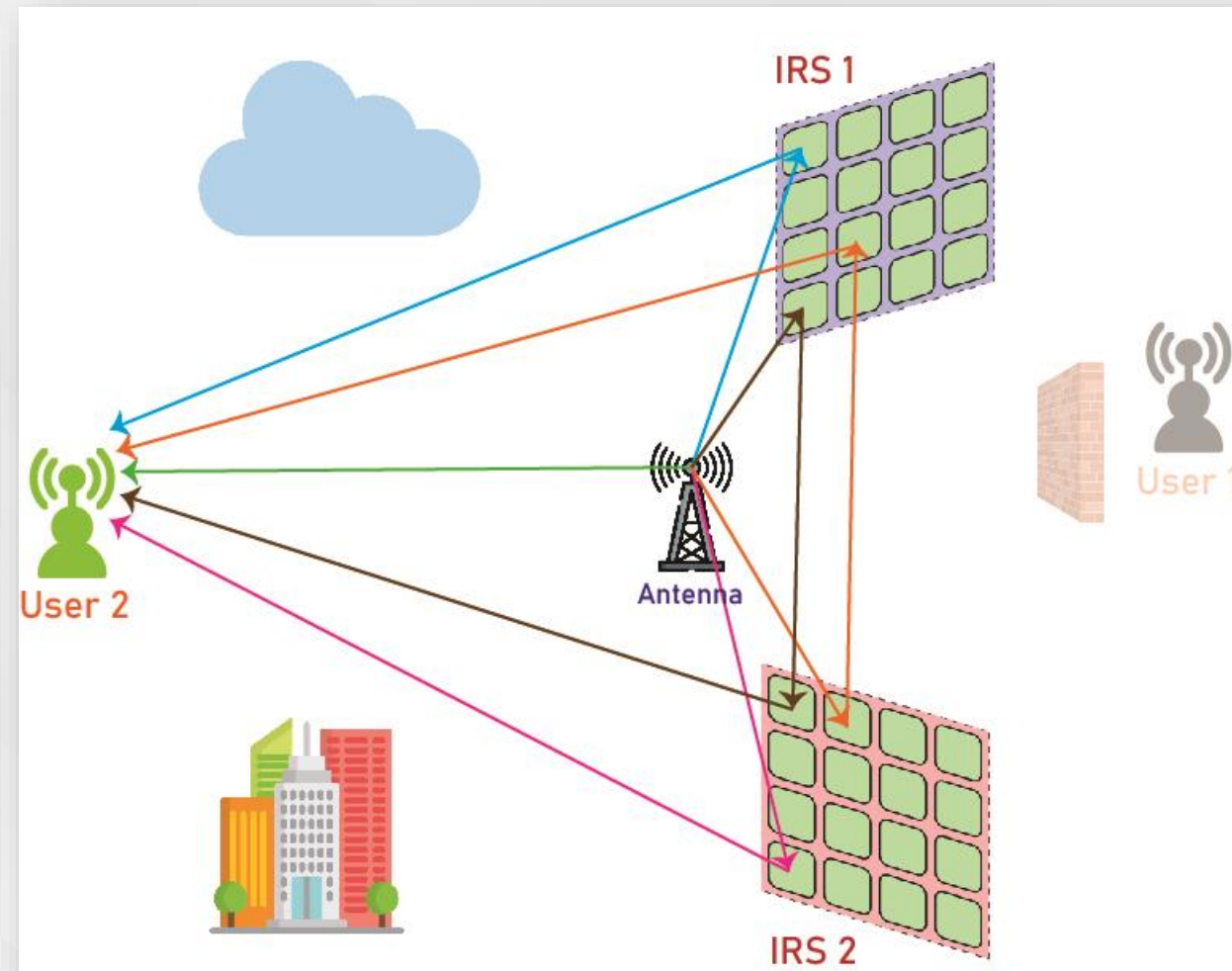
دو سناریو مورد بررسی

سناریو دوم کامل شبیه سناریو اول با این تفاوت که یک مانع در جلوی کاربر اول قرار دارد که مانع ارسال سیگنال سطح هوشمند ۲ و آنتن به آن میشود.

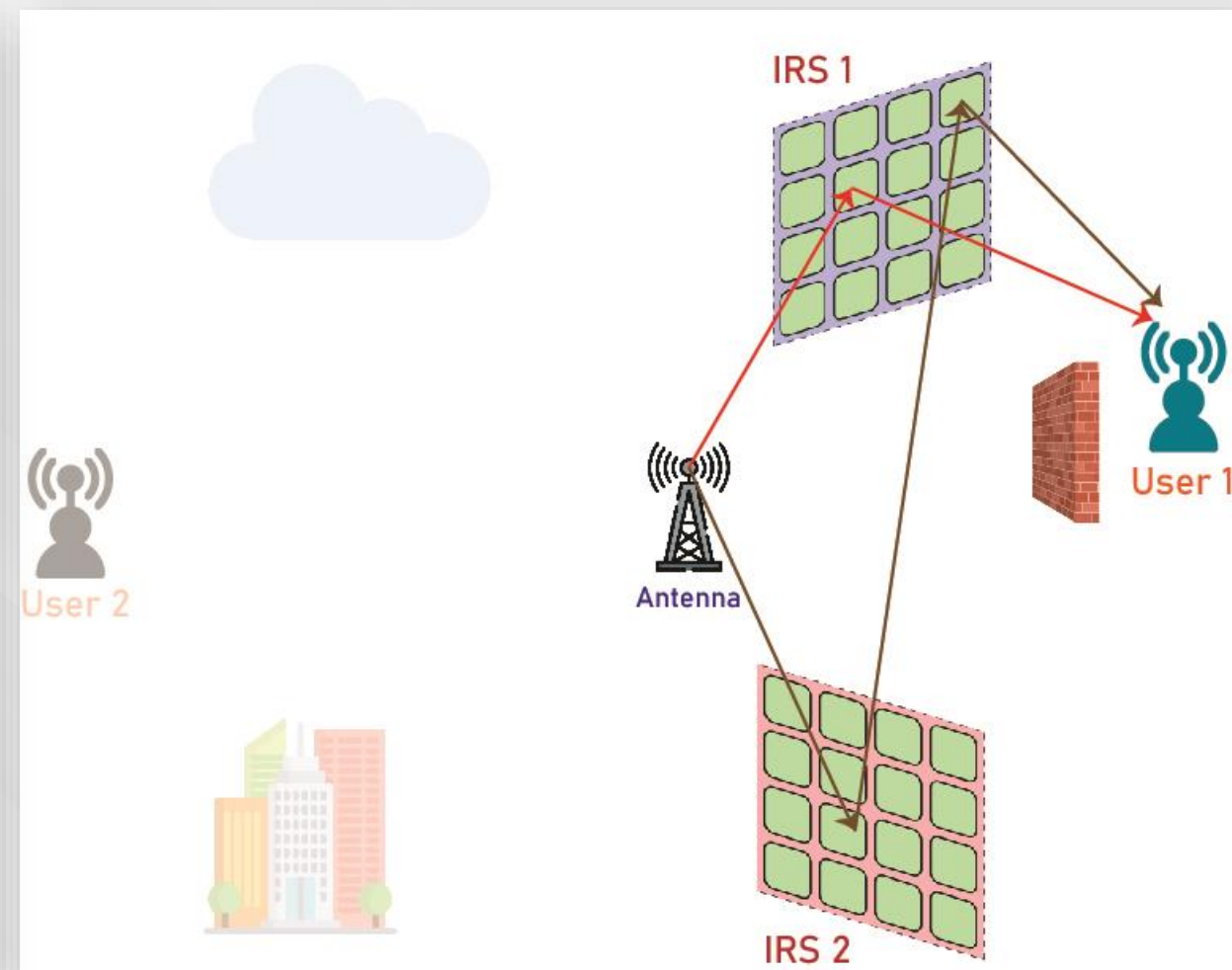
سناریو اول، شامل یک آنتن با N المان ارسالی، دو سطح هوشمند دارای $M1$ و $M2$ المان و دو کاربر تک آنتنه میشود که بین سطوح هوشمند، سیگنال ارتباطی برقرار است.



تصویر سناریو شماره ۲ برای هر کاربر



تصویر مدل کاربر ۲



تصویر مدل کاربر ۱

مسئله بهینه سازی:

$$\max_{\mathbf{W}, \Phi_1, \Phi_2} f_1(\mathbf{W}, \Phi_1, \Phi_2) = \sum_{k=1}^K \omega_k \log_2(1 + \gamma_k)$$

به شرط $\theta_{m_k} \in \mathcal{F}, \quad \forall m_k = 1, \dots, M_k,$

$$\sum_{k=1}^K \|\mathbf{w}_k\|_2^2 \leq P_T,$$

مسئله بهینه سازی

سیگنال دریافتی کاربر

$$y_k = \underbrace{h_{d,k}^H x}_{\text{لینک مستقیم}} + \underbrace{h_{r1,k}^H \Phi_1 G_1 x}_{\text{بازتاب مرتبه اول سطح هوشمند ۱}} + \underbrace{h_{r2,k}^H \Phi_2 G_2 x}_{\text{بازتاب مرتبه اول سطح هوشمند ۲}} + \underbrace{h_{r1,k}^H \Phi_1 D \Phi_2 G_2 x}_{\text{بازتاب مرتبه دوم سطح هوشمند}} + \underbrace{h_{r2,k}^H \Phi_2 D^H \Phi_1 G_1 x}_{\text{بازتاب مرتبه دوم سطح هوشمند}} + \underbrace{u_k}_{\text{نویز سفید گاوسی جمع شونده}}$$

محاسبه SINR

$$\gamma_k = \frac{|(h_{d,k}^H + h_{r1,k}^H \Phi_1 G_1 + h_{r2,k}^H \Phi_2 G_2 + h_{r1,k}^H \Phi_1 D \Phi_2 G_2 + h_{r2,k}^H \Phi_2 D^H \Phi_1 G_1) w_k|^2}{\sum_{i=1, i \neq k}^K |(h_{d,k}^H + h_{r1,k}^H \Phi_1 G_1 + h_{r2,k}^H \Phi_2 G_2 + h_{r1,k}^H \Phi_1 D \Phi_2 G_2 + h_{r2,k}^H \Phi_2 D^H \Phi_1 G_1) w_i|^2 + \sigma_0^2}$$

رفع مشکل وجود لگاریتم به کمک دوگانی لاگرانژ

اضافه کردن پارامتر آلفا

$$f_{1a}(\mathbf{W}, \Theta, \alpha) = \sum_{k=1}^K \omega_k \log_2(1 + \alpha_k) - \sum_{k=1}^K \omega_k \alpha_k + \sum_{k=1}^K \frac{\omega_k (1 + \alpha_k) \gamma_k}{1 + \gamma_k}$$

مقدار بهینه آلفا

$$\alpha_k^{\circ} = \gamma_k$$

مسئله بهینه سازی پس از
ثابت فرض کردن آلفا

$$\max_{\mathbf{W}, \Theta} \sum_{k=1}^K \frac{\alpha_k^{\circ} \gamma_k}{1 + \gamma_k}$$

بگونه‌ای که $\alpha_k^{\circ} = \omega_k (1 + \alpha_k)$ می‌باشد.

رفع مشکل وجود کسرها

تغییر پارامتر

$$\mathbf{h}_k = \mathbf{h}_{d,k} + \mathbf{G}\mathbf{H}\mathbf{\Theta}\mathbf{h}_{r,k}$$

SINR جدید

$$\gamma_k = \frac{\|\mathbf{h}_k \mathbf{w}_k\|^2}{\sum_{i=1, i \neq k}^K \|\mathbf{h}_k \mathbf{w}_i\|^2 + \sigma_0^2}$$

مسئله بهینه سازی جدید

$$f2a(\mathbf{W}, \boldsymbol{\beta}) = \sum_{k=1}^K 2\sqrt{\alpha_k} \Re \{ \beta_k^* \mathbf{h}_k^H \mathbf{w}_k \} - \sum_{k=1}^K |\beta_k|^2 \sum_{i=1}^K \|\mathbf{h}_k \mathbf{w}_i\|^2 + \sigma_0^2.$$

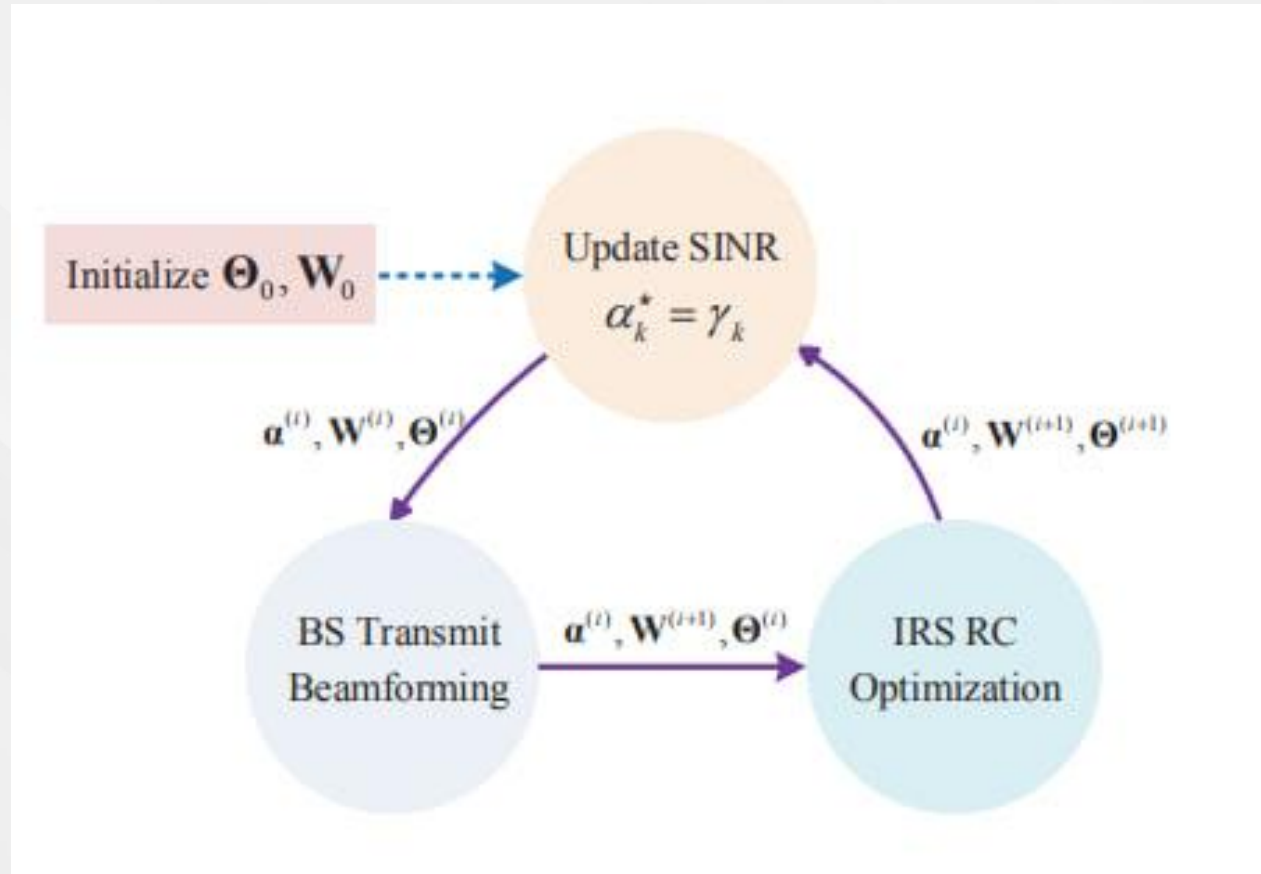
مسئله بهینه سازی جدید

$$f_{2a}(\mathbf{W}, \boldsymbol{\beta}) = \sum_{k=1}^K 2\sqrt{\alpha_k} \Re \{ \beta_k^* \mathbf{h}_k^H \mathbf{w}_k \} - \sum_{k=1}^K |\beta_k|^2 \sum_{i=1}^K \|\mathbf{h}_k \mathbf{w}_i\|^2 + \sigma_0^2.$$

مقدار بهینه بتا

$$\beta_k^* = \sqrt{\alpha_k} \frac{\mathbf{h}_k^H \mathbf{w}_k}{\sum_{i=1}^K \|\mathbf{h}_k \mathbf{w}_i\|^2 + \sigma_0^2}.$$

الگوریتم بهنیه سازی مختصات نزولی



مسئله بهینه سازی جدید

$$f_{2a}(\mathbf{W}, \boldsymbol{\beta}) = \sum_{k=1}^K 2\sqrt{\alpha_k} \Re \{ \beta_k^* \mathbf{h}_k^H \mathbf{w}_k \} - \sum_{k=1}^K |\beta_k|^2 \sum_{i=1}^K \|\mathbf{h}_k \mathbf{w}_i\|^2 + \sigma_0^2.$$

مشتق بر حسب \mathbf{W}

$$\mathbf{w}_k^* = \sqrt{\alpha_k} \beta_k \left(\lambda_0 \mathbf{I}_M + \sum_{i=1}^K |\beta_i|^2 \mathbf{h}_i \mathbf{h}_i^H \right)^{-1} \mathbf{h}_k,$$

مقدار بهینه لامبدا

$$\lambda_0^* = \min \left(\lambda_0 \geq 0 : \sum_{k=1}^K \|\mathbf{w}_k\|^2 \leq PT \right).$$

بهینه سازی ضرایب سطوح هوشمند

مسئله بهینه سازی جدید

$$f_{3a}(\boldsymbol{\theta}, \boldsymbol{\varepsilon}) = \sum_{k=1}^K 2\sqrt{\tilde{\alpha}_k} \operatorname{Re} \{ \varepsilon_k^* \boldsymbol{\theta}^H \mathbf{a}_{k,k} + \varepsilon_k^* b_{k,k} \} - \sum_{k=1}^K |\varepsilon_k|^2 \left(\sum_{i=1}^K |b_{i,k} + \boldsymbol{\theta}^H \mathbf{a}_{i,k}|^2 + \sigma_0^2 \right)$$

مقدار بهینه اپسیلون

$$\varepsilon_k^{\circ} = \frac{\sqrt{\tilde{\alpha}_k} (b_{k,k} + \boldsymbol{\theta}^H \mathbf{a}_{k,k})}{\sum_{i=1}^K |b_{i,k} + \boldsymbol{\theta}^H \mathbf{a}_{i,k}|^2 + \sigma_0^2}.$$

تغییر پارامتر

$$|b_{i,k} + \boldsymbol{\theta}^H \mathbf{a}_{i,k}|^2 = (b_{i,k} + \boldsymbol{\theta}^H \mathbf{a}_{i,k}) (b_{i,k}^* + \mathbf{a}_{i,k}^H \boldsymbol{\theta}) = \boldsymbol{\theta}^H \mathbf{a}_{i,k} \mathbf{a}_{i,k}^H \boldsymbol{\theta} + 2 \operatorname{Re} \{ b_{i,k}^* \boldsymbol{\theta}^H \mathbf{a}_{i,k} \} + |b_{i,k}|^2$$

$$f_4(\boldsymbol{\theta}) = f_{3a}(\boldsymbol{\theta}, \boldsymbol{\varepsilon}^{\circ}) = -\boldsymbol{\theta}^H \mathbf{R} \boldsymbol{\theta} + 2 \operatorname{Re} \{ \boldsymbol{\theta}^H \mathbf{e} \} + C,$$

$$\mathbf{R} = \sum_{k=1}^K |\varepsilon_k|^2 \sum_{i=1}^K \mathbf{a}_{i,k} \mathbf{a}_{i,k}^H,$$

$$\mathbf{e} = \sum_{k=1}^K \left(\sqrt{\tilde{\alpha}_k} \varepsilon_k^* \mathbf{a}_{k,k} - |\varepsilon_k|^2 \sum_{i=1}^K b_{i,k}^* \mathbf{a}_{i,k} \right),$$

$$C = \sum_{k=1}^K \left(2\sqrt{\tilde{\alpha}_k} \operatorname{Re} \{ \varepsilon_k^* b_{k,k} \} - |\varepsilon_k|^2 \left(\sigma_0^2 + \sum_{i=1}^K |b_{i,k}|^2 \right) \right)$$

ادامه بهینه سازی ضرایب سطوح هوشمند

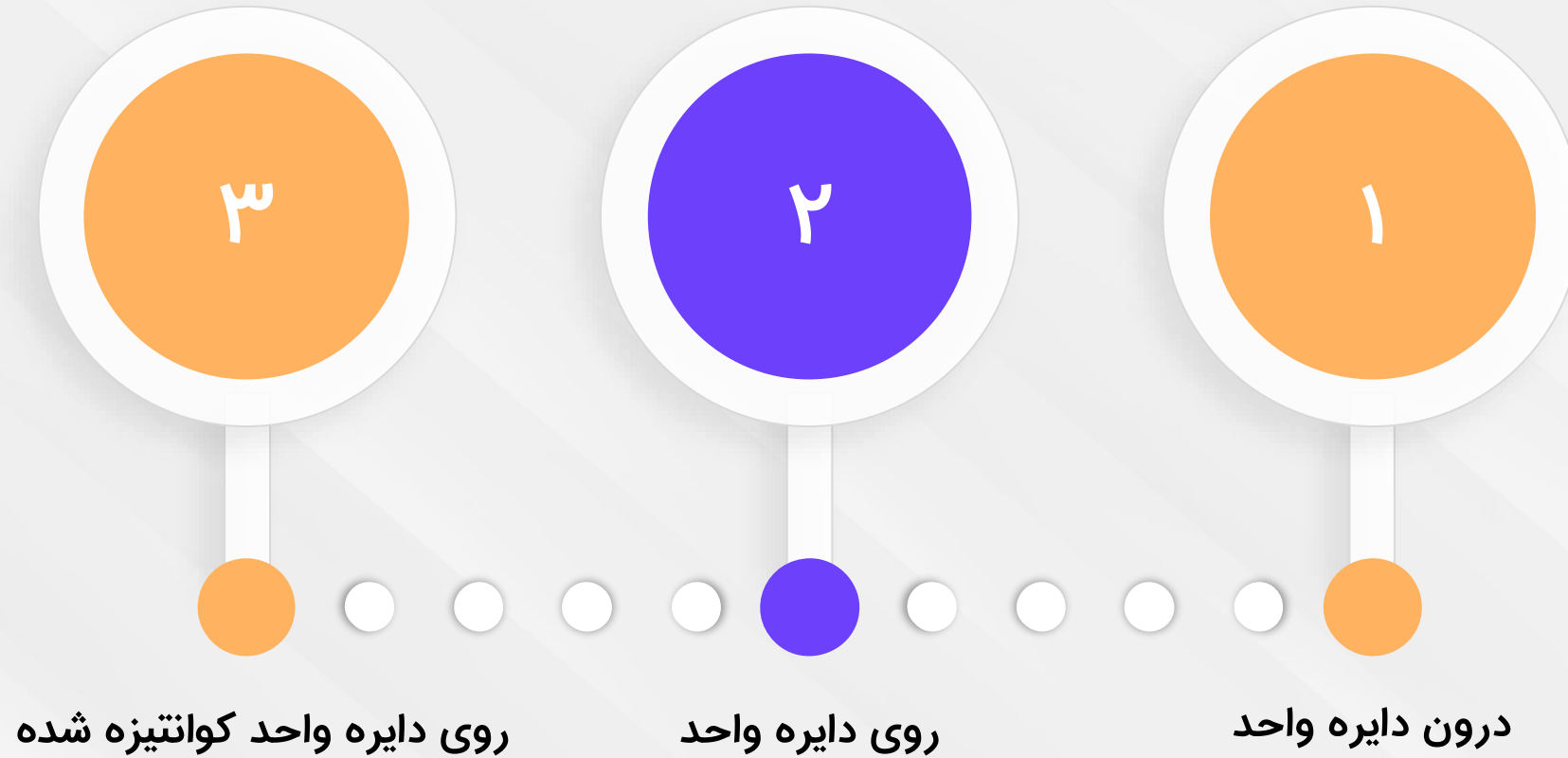
مقدار مشتق تابع بر حسب θ

$$\nabla_{\Theta} f_4 = 2 \operatorname{Re} \{ (\mathbf{R}\theta - \mathbf{e})^* \odot (-j\theta) \},$$

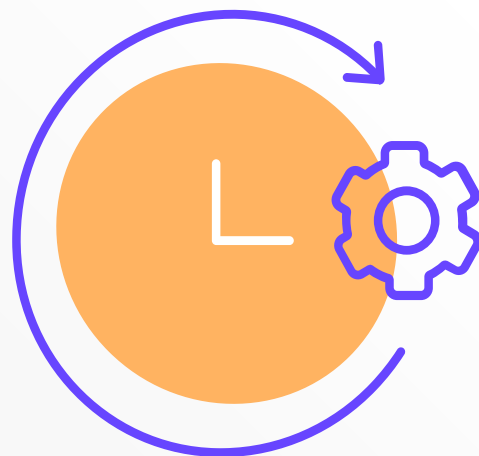
بروزرسانی ضرایب فاز

$$\Theta^{(t+1)} = \Theta^{(t)} - \gamma^{(t)} \nabla_{\Theta} f(\mathbf{X}^{(t)}),$$

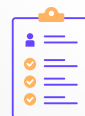
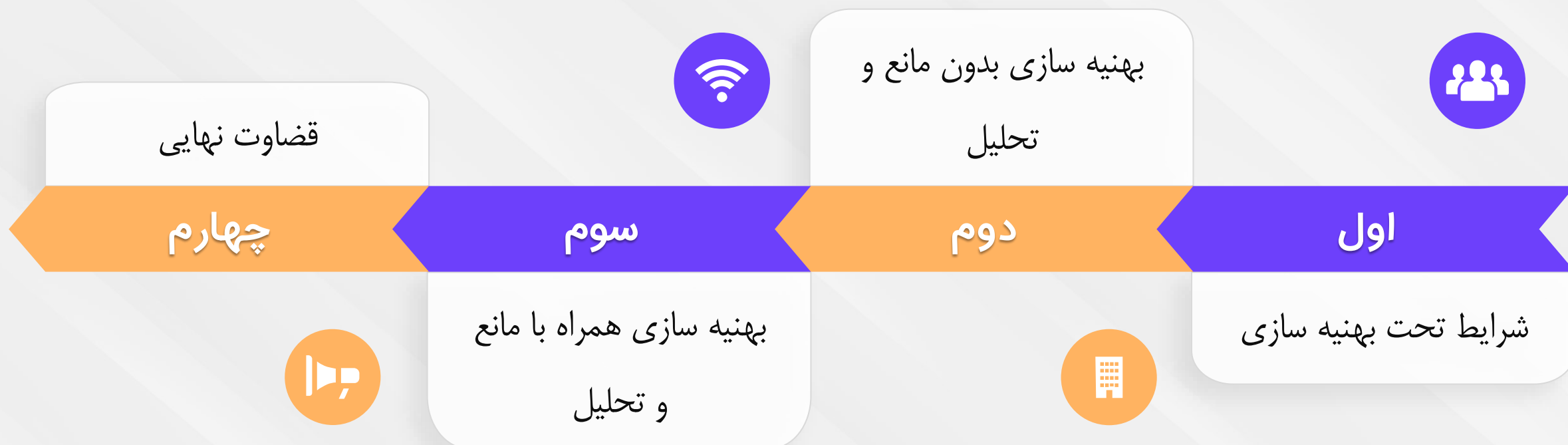
نواحی بهینه سازی ضرایب فاز



۵. نتایج و تحلیل



آنچه در این فصل بررسی خواهیم نمود:



پارامترهای بهینه سازی

تعداد المان های آنتن: ۲۰

تعداد المان های سطح هوشمند دوم: ۲۰

وزن هر کاربر: ۱

مجموع توان دو کاربر: -20 dB

توان نویز: -80 dB

ضریب افت توان LoS : ۲.۵

ضریب افت توان آنتن و سطح هوشمند: ۲

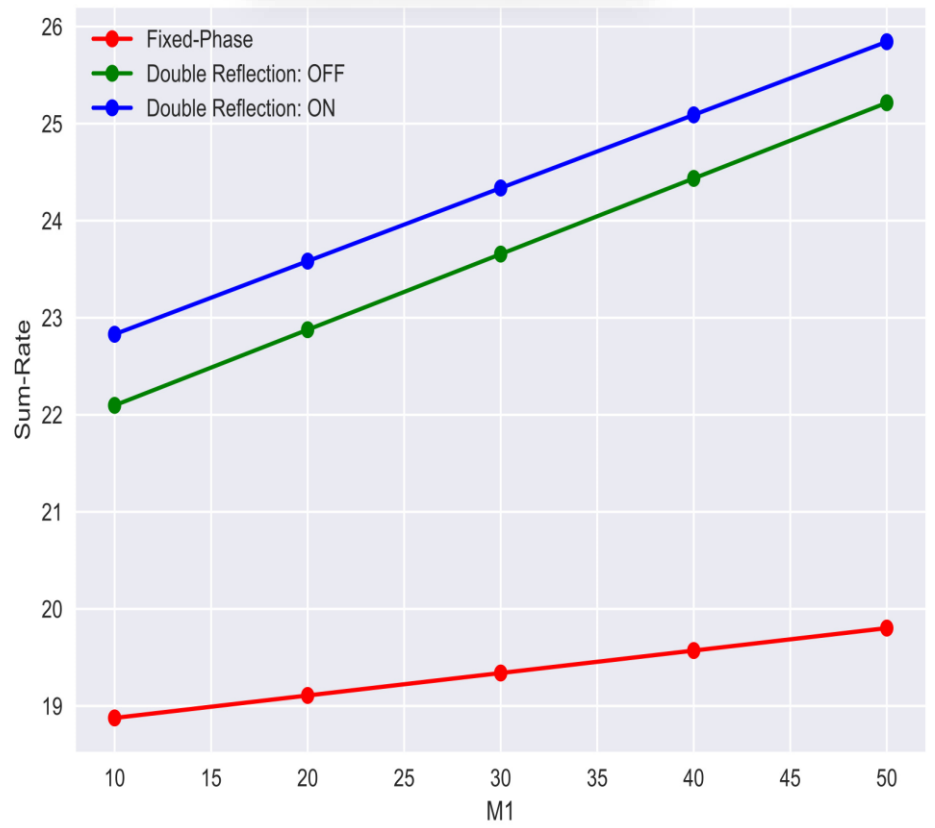
ضریب افت توان سطح هوشمند تا کاربر: ۲



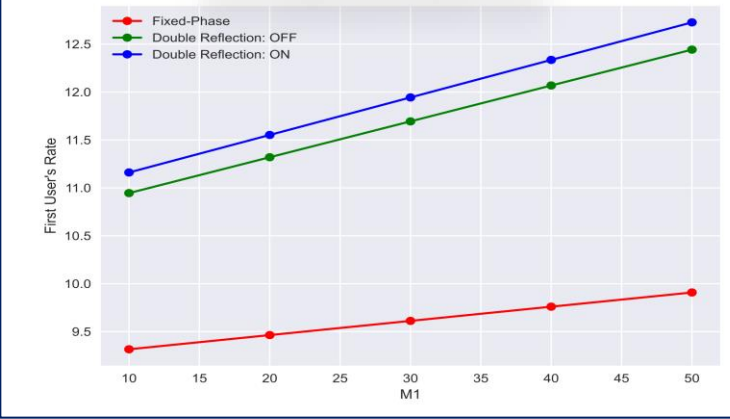
بهینه سازی بدون مانع

همانطور که مشاهده میشود در حالتی که سیگنال بازتابی بین سطوح در نظر گرفته شده است هر دو کاربر بهبودی را در سیگنال های دریافتی مشاهده میکنند.

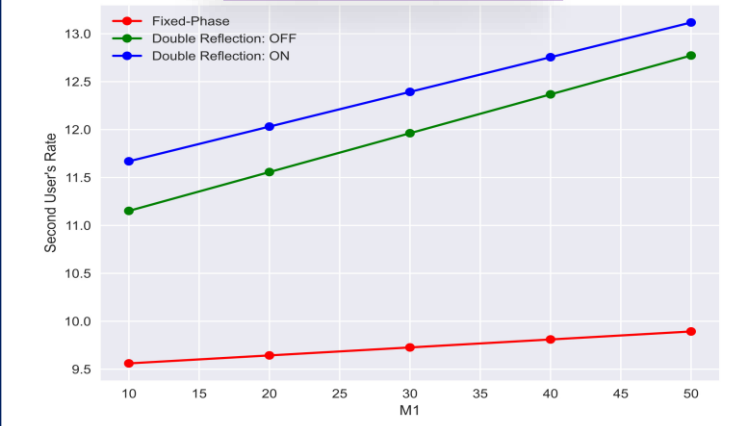
مجموع نرخ دو کاربر



نرخ کاربر اول

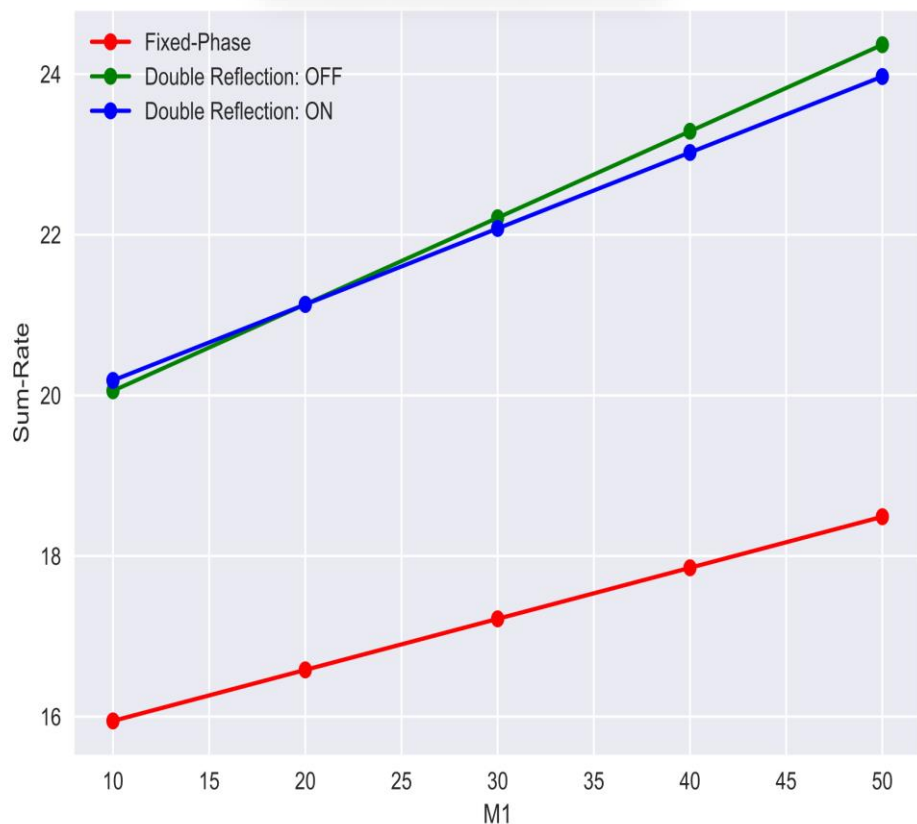


نرخ کاربر دوم

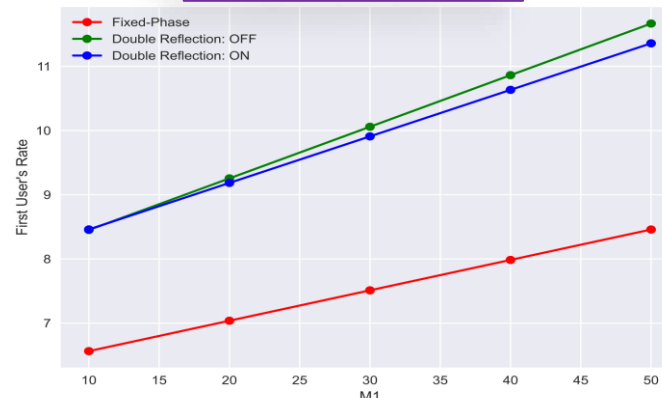


اما نکته قابل توجه اینست که با در نظر گرفتن سیگنال بین سطوح باعث ایجاد پیچیدگی در بهینه سازی میشویم و زمان اجرا کندتر میشود و این موضوع میتواند سیستم را از حالت real time خارج سازد پس باید هر شخص متناسب با سناریو خود بررسی کند که آیا این مقدار بهبود به اندازه پیچیدگی ایجاد شده ارزش دارد یا خیر؟

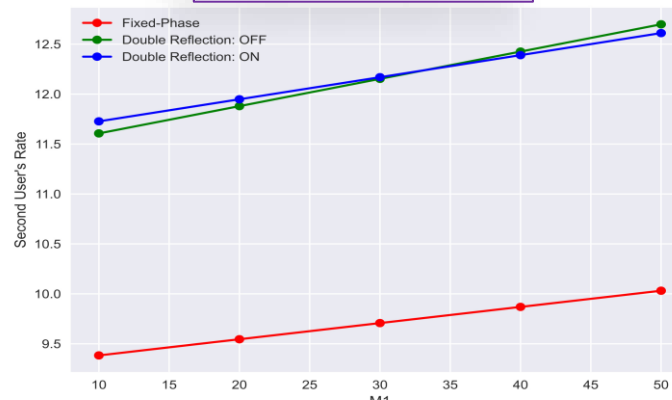
مجموع نرخ دو کاربر



نرخ کاربر اول



نرخ کاربر دوم



بهینه سازی همراه با مانع

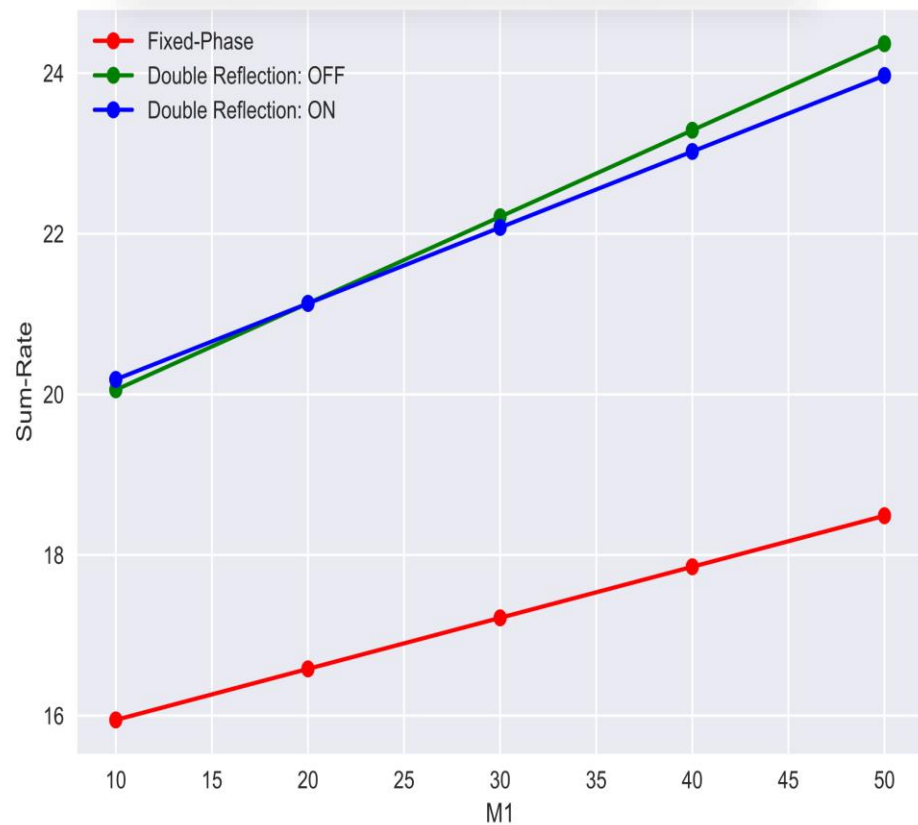
همانطور که مشاهده میشود در حالتی که سیگنال بازتابی بین سطوح در نظر گرفته شده است، هیچ يك از کاربرها بهبود خاصی را مشاهده نمیکنند و فقط با ایجاد پیچیدگی زمانی در مسئله، باعث کاهش سرعت همگرایی آن شده ایم.

پس در این سناریو و سناریوهای مشابه استفاده از سیگنال بین سطوح توصیه نمیشود زیرا میتواند بدون هیچ بهبودی، باعث افزایش محاسبات و در نتیجه کاهش سرعت همگرایی شود.

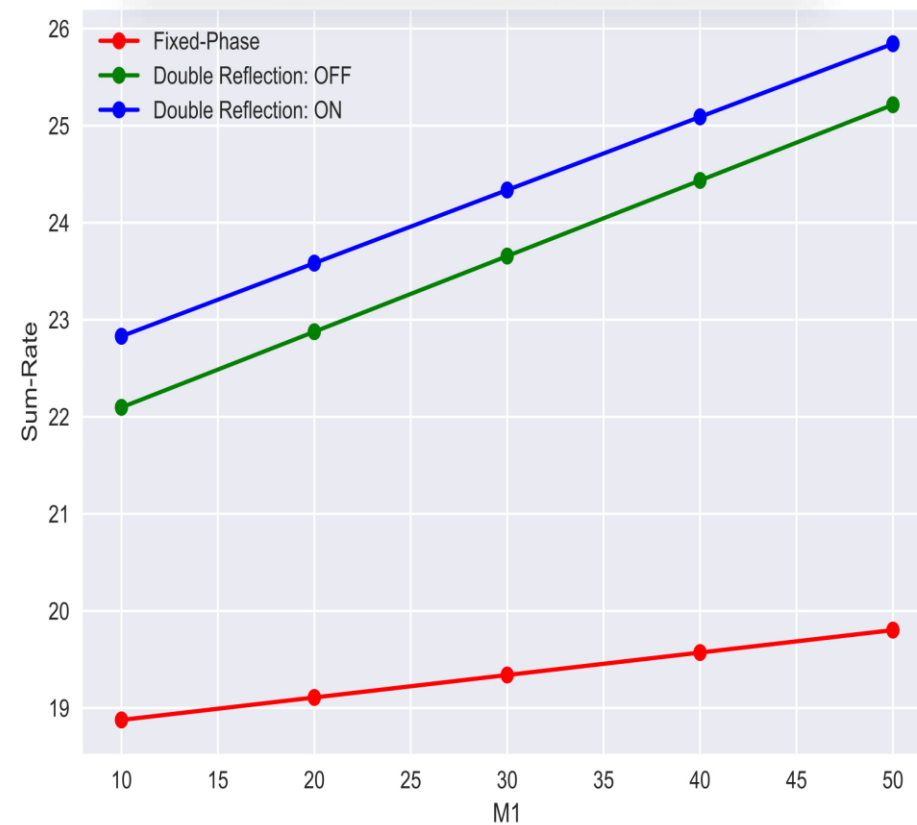


قضاوت نهایی

مجموع نرخ دو کاربر در حالت با مانع



مجموع نرخ دو کاربر در حالت بدون مانع



۶- کارهای آینده



در این بخش به ۳ مورد از کارهایی که میتوان در آینده انجام داد میپردازیم:

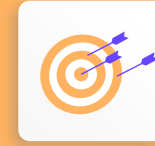
- پیدا کردن طول گام بهینه

- بررسی بازتاب مرتبه ۳

- ساخت فریمورک برای بهینه سازی سطوح هوشمند



٧- منابع و مراجع



- [1] A. Bruce Carlson, Paul B. Crilly. COMMUNICATION SYSTEMS: An Introduction to Signals and Noise in Electrical Communication 5th edition. McGrawHill, 2010.
- [2] Vandenberghe, Lieven and Boyd, Stephen P. Convex Optimization. Cambridge University Press, 2004.
- [3] Qingqing Wu, Shuowen Zhang, Beixiong Zheng Changsheng You and Zhang, Rui. Intelligent reflecting surface aided wireless communications: A tutorial. arXiv:2007.02759v2, 7 Jul 2020.
- [4] Dhanushka Kudathanthirige, Dulaj Gunasinghe and Amarasuriya, Gayan. Performance analysis of intelligent reflective surfaces for wireless communication. arXiv:2002.05603v1, 13 Feb 2020.
- [5] Marzieh Najafi, Student Member, IEEE Vahid Jamali Member IEEE Robert Schober Fellow IEEE and H. Vincent Poor, Fellow, IEEE. Physics-based modeling and scalable optimization of large intelligent reflecting surfaces. IEEE, 2020.
- [6] Kavianinia, Mohammad Reza and Emadi, Mohammad Javad. Secrecy rate analysis of star-ris in presence of energy harvesting eavesdroppers. arXiv:2209.12105v2, 2022.
- [7] Pouya Agheli, Hamzeh Beyranvand and Emadi, Mohammad Javad. High-speed trains access connectivity through ris-assisted fso communications. arXiv:2110.12804, 2021.
- [8] Yitao Han, Student Member, IEEE Shuowen Zhang Member IEEE Lingjie Duan Senior Member IEEE and Rui Zhang, Fellow, IEEE. Cooperative double-irs aided communication: Beamforming design and power scaling. arXiv:2004.01846v1, 2020.
- [9] Changsheng You, Member, IEEE Beixiong Zheng Member IEEE and Rui Zhang, Fellow, IEEE. Wireless communication via double irs: Channel estimation and passive beamforming designs. arXiv:2008.11439v1, 2020.
- [10] Tian, Guodong and Song, Rongfang. Cooperative beamforming for a double-irsassisted wireless communication system. EURASIP Journal on Advances in Signal Processing, 2021.
- [11] Beixiong Zheng, Member, IEEE Changsheng You Member IEEE and Rui Zhang, Fellow, IEEE. Double-irs assisted multi-user mimo: Cooperative passive beamforming design. arXiv:2008.13701, 2021.
- [12] Huayan Guo, Member, IEEE Ying-Chang Liang Fellow IEEE Jie Chen Student Member IEEE and Erik G. Larsson, Fellow, IEEE. Weighted sum-rate optimization for intelligent reflecting surface enhanced wireless networks. arXiv:1905.07920, 2019.
- [13] Zhengfeng Li, Meng Hua, Qingxia Wang Qingheng Song. Weighted sum-rate maximization for multi-irs aided cooperative transmission. arXiv:2002.04900, 2020.
- [14] Kaiming Shen, Student Member, IEEE and Wei Yu, Fellow, IEEE. Fractional programming for communication systems—part i: Power control and beamforming. IEEE, 2017.
- [15] Yifan Ma, Yifei Shen, Xianghao Yu Jun Zhang S.H. Song and Letaief, Khaled B. A low-complexity algorithmic framework for large-scale irs-assisted wireless systems. arXiv:2008.00769, 2020.



با تشکر از توجه شما

پایان ارائه