

اپیوست‌ها، نتایج و منابع |

۱ پیوست‌ها، نتایج و منابع

- پیدایش مفهوم ریز پرنده و بودجه اولیه آن توسط *DARPA* برای پیشرفت هرچه بیشتر تکنولوژی به جلو بوده است، که در این راه تعداد زیادی از انواع ریز پرنده‌های بال ثابت، چرخنده و بال زن نتیجه شد. منابع انرژی سوخت شیمیایی و باتری، در درجه‌ای است که به ریز پرنده‌ها اجازه می‌دهد تحمل پرندگان را با اندازه‌ی مشابه داشته باشند. سیستم‌های کنترلی با الهام از طبیعت در تنظیمات آزمایشگاهی توسعه یافته‌اند، اما توانایی کنترل یک ریز پرنده با چابکی یک پرنده‌ی کوچک (بسیار کمتر از یک سنجاقک)، هنوز ساخته نشده است.
- زمانی که بهترین معماری ارتباطات را برای ریز پرنده‌ها در نظر می‌گیریم، طراحان باید به یاد داشته باشند که هرچیز یک معامله است در زمانی که کوچک‌سازی را با تله‌متری از راه دور خارج از خط از دید دارای پهنای باند بالا متعادل می‌کند، ویژگی‌های *RF* به مقدار زیادی توسط محدودیت‌های فیزیکی محدود شده‌اند و بنابراین توسط طراحان قابل کنترل نیستند. متوجه باشید که تمایز بین ادغام سیستم‌های انسان و مهندسی عوامل انسانی با در نظر گرفتن توسعه‌ی ریز پرنده برای قرار دادن صحیح انسان در فرایند طراحی مؤثر است. منحصر بودن ریز پرنده و توسعه‌ی آن نیاز به ادراک جدید از سیستم‌های انسان-ماشین در شرایط عملیاتی منحصربه‌فرد ریز پرنده است.
- تاکنون تحقیقات مختلف در زمینه مدل‌سازی و شبیه‌سازی رفتار یک پرنده بال زن ارائه گردیده است که همگی آن‌ها نیز سعی در ارائه کامل‌ترین و در عین حال کاربردی‌ترین مدل نموده‌اند. برای یک چنین پرنده‌ای مدل‌های متفاوت با ورودی‌های مختلف می‌توان در نظر گرفت که تمامی آن‌ها منجر به پرواز پایدار چنین جسمی گردند. اگرچه نحوه پرواز، کوشش کنترلی و سرعت پاسخ همواره جزء چالش‌های موجود بر سر راه توسعه این گونه از پرندگان است.
- در زمینه ساخت هواپیماهای خورشیدی مطالعات بسیاری صورت گرفته اما ساخت یک ریز پرنده خورشیدی به‌ندرت مورد توجه قرار گرفته است. متأسفانه کاهش مقیاس یک هواپیما موجب مشکلاتی می‌شود که ساخت یک ریز پرنده خورشیدی کارآمد را در حال حاضر ناممکن می‌سازد. مشکل اساسی در این امر مسائل آئرودینامیکی در اعداد رینولدز کم و راندمان پایین مجموعه نیرو محرکه می‌باشد. به همین علت در درجه اول ساخت یک ریز پرنده خورشیدی کارآمد مستلزم ساخت تمامی قطعات با دقت بالا و مختص این امر می‌باشد. از طرف دیگر برای دسترسی به این هدف احتیاج به سلول‌های خورشیدی با راندمان بالا می‌باشد. با به کارگیری این تجهیزات می‌توان دیگر امکانات مانند باتری، سیستم فرمان خودکار، دوربین و دیگر تجهیزات مربوط به مقاصد خاص را بر روی ریز پرنده خورشیدی تعبیه و از آن برای مقاصد مختلف استفاده کرد.

امنابع |

۲ منابع

- [۱]. تیموری، بهینه‌سازی شکل بال یک بالزن با استفاده از شبکه گردابه‌ای ناپای. ۱۳۸۹، صنعتی شریف.
- [2]. Shyy, W., et al., An introduction to flapping wing aerodynamics. Vol. 37. 2013: Cambridge University Press.
- [3]. Dowden, K., The uses of Greek mythology. 2002: Routledge.
- [4]. Güss, C.D., S. Ahmed, and D. Dörner, From da Vinci's flying machines to a theory of the creative process. *Perspectives on Psychological Science*, 2021. 16(6): p. 1184-1197.
- [5]. Pedretti, C., The literary works of Leonardo da Vinci. Vol. 5. 1977 :Univ of California Press.
- [6]. Sane, S.P., The aerodynamics of flapping wings. 2001: University of California, Berkeley.
- [7]. Lukasch, B., Otto Lilienthal: Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst. 2014: Springer.
- [8]. KRISTINA KIRKLIAUSKAITE, "Lippisch-Dornier Aerodyne: Wingless and tailless aircraft", Aerotime, retrieved 19 March 2021.
- [9]. Tietjens, O.K.G. and L. Prandtl, Applied hydro-and aeromechanics: based on lectures of L. Prandtl. Vol. 2. 1957: Courier Corporation.
- [10]. Theodorsen, T. and I. Garrick, Mechanism of flutter a theoretical and experimental investigation of the flutter problem. 1940, NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION WASHINGTON DC.
- [11]. Baldwin, B. and H. Lomax. Thin-layer approximation and algebraic model for separated turbulentflows. in 16th aerospace sciences meeting. 1978.
- [12]. Theodorsen, T. and W. Mutchler, General theory of aerodynamic instability and the mechanism of flutter. 1935.
- [13]. Bohbot, J., et al. A parallel multigrid conservative patched/sliding mesh algorithm for turbulent flow computation of 3D complex aircraft configurations. in 39th Aerospace Sciences Meeting and Exhibit. 2001.

- [14]. Anderson Jr, J.D. and J.D. Anderson, A history of aerodynamics: and its impact on flying machines. 1998: Cambridge university press.
- [15]. Anderson, J., EBOOK: Fundamentals of Aerodynamics (SI units). 2011: McGraw hill.
- [16]. Goodheart, B.J., Tracing the history of the ornithopter: past, present, and future. Journal of Aviation/Aerospace Education & Research, 2011. 21(1): p. 31-44.
- [17]. Pornsin-Sirirak, T.N., et al. Microbat: A palm-sized electrically powered ornithopter. in Proceedings of NASA/JPL Workshop on Biomimetic Robotics. 2001.
- [18]. Karásek, M., Robotic hummingbird: Design of a control mechanism for a hovering flapping wing micro air vehicle. Universite libre de Bruxelles: Bruxelles, Belgium, 2014.
- [19]. Shyy, W., et al., Recent progress in flapping wing aerodynamics and aeroelasticity. Progress in Aerospace Sciences, 2010. 46(7): p. 284-327.
- [20]. Tang, J., D. Viieru, and W. Shyy. A study of aerodynamics of low Reynolds number flexible airfoils. in 37th AIAA Fluid Dynamics Conference and Exhibit. 2007. Miami, FL. AIAA-2007-4212.
- [21]. Katz, J. and A. Plotkin, Low-speed aerodynamics. Vol. 13. 2001: Cambridge university press.
- [22]. Birch, J.M. and M.H. Dickinson, Spanwise flow and the attachment of the leading-edge vortex on insect wings. Nature, 2001. 412(6848): p. 729-733.
- [23]. DeJarnette, F.R., Arrangement of vortex lattices on subsonic wings. Vortex-Lattice Utilization, 1976. 405: p. 301.
- [۲۴]. امی، ف.ا.، اصول طراحی موتور و پیشرانش فضایی پیشرفته، *ed. م. برنجی*. Vol. 1. 1396، تهران: دانشگاه تربیت مدرس. ۶۶۸
- [25]. Mousavi, S.M. and S.H. Pourtakdoust, Improved Neural Adaptive Control for Nonlinear Oscillatory Dynamic of Flapping Wings. Journal of Guidance, Control, and Dynamics, 2023. 46(1): p. 97-113.
- [۲۶]. فرخی‌نژاد، م.، بررسی اثرات تداخلی ایرفویل‌های زیستی، *in* دانشکده مهندسی هوافضا. ۱۳۹۴، دانشگاه صنعتی مالک اشتر: تهران. p. 225.

- [27]. Vaughan, V. and E. Alfaro-Bou, Impact dynamics research facility for full-scale aircraft crash testing. 1976.
- [28]. Chen, H., et al., A Real-Time Monitoring Method for Civil Aircraft Take-Off and Landing Based on Synthetic Aperture Microwave Radiation Technology. *Sensors*, 2022. 22(10): p. 3675.
- [29]. Brown, R.H.J., The flight of birds. *Journal of Experimental Biology*, 1948. 30.
- [30]. C. J. Pennycuik, Mechanical constraints on the evolution of flight IN *The origin of birds and the evolution of flight*,. California Academy of Science, 1986.
- [31]. Greenewalt, C.H., The flight of birds: The significant dimensions, their departure from the requirements for dimensional similarity, and the effect on flight aerodynamics of that departure. *Transactions of the American Philosophical Society*, 1975. 65.
- [32]. Walker, G., The flapping flight of birds. *JR Aeronaut Soc*, 1925. 29: p. 590-594.
- [33]. Magnan, A., *La locomotion chez les animaux*. 1934: Hermann & cie.
- [34]. DeLaurier, J.D. and J.M. Harris, A study of mechanical flapping-wing flight. *The Aeronautical Journal*, 1993. 97(968): p. 277-286.
- [35]. D. R. Warrick, Aerodynamics of the hovering
- [36]. hummingbirds,. *Nature*, 2005. 435.
- [37]. D. W. Bechert, M.B., W. Hage, and R. Meyer,, Biological surfaces and their technological application – laboratory and flight experiments on drag reduction and separation control,, in *AIAA Fluid Dynamics Conference*. 1997: Snowmass.
- [38]. Frampton, K.D., et al., Passive aeroelastic tailoring for optimal flapping wings. *Progress in Astronautics and Aeronautics*, 2001. 195: p. 473-482.
- [39]. Rayner, J.M.V., A vortex theory of animal flight. Part. 2. The forward flight of birds. *Journal of Fluid Mechanics*, 1979. 91.
- [40]. Anders, J.B., Biomimetic flow control. *AIAA* 2000: p. 1–28.
- [41]. Platzer, M.F., et al., Flapping wing aerodynamics: progress and challenges. *AIAA journal*, 2008. 46(9): p. 2136-2149.

- [42]. Pennycuick, C.J., Modelling the flying bird. 2008: Elsevier.
- [43]. Schmidt-Nielsen, K., Scaling: Why is animal size so important:. 1984: Cambridge University Press.
- [44]. Song, A., et al., The aero-mechanics of low aspect ratio compliant membrane wings, with applications to animal flight 46th AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit. 2008, AIAA-2008-517.
- [45]. Shyy, W., M. Berg, and D. Ljungqvist, Flapping and flexible wings for biological and micro air vehicles. Progress in aerospace sciences, 1999. 35(5): p. 455-505.
- [46]. Shyy, W., et al., Aerodynamics of low Reynolds number flyers. Vol. 22. 2007: Cambridge University Press.
- [47]. Ennos, A.R., Inertial and aerodynamic torques on the wings of Diptera in flight. Journal of Experimental Biology, 1989. 142(1): p. 87-95.
- [48]. Dhawan, S., Bird flight, Sadhara. Academy Proceedings in Engineering Sciences, 1991. 16: p. 275–352.
- [49]. Gerdes, J.W., S.K. Gupta, and S.A. Wilkerson, A review of bird-inspired flapping wing miniature air vehicle designs. Journal of Mechanisms and Robotics, 2012. 4(2): p. 021003.
- [50]. Yan, J., et al., Wing transmission for a micromechanical flying insect. Journal of Micromechatronics, 2001. 1(3): p 237-221.
- [51]. Goslow, G.E., Bird flight: Insights and complications. BioScience, 1990. 40.
- [52]. Hamamoto, M., et al., Application of fluid–structure interaction analysis to flapping flight of insects with deformable wings. Advanced Robotics, 2007. 21 (2-1) :p. 1-21.
- [53]. Magnan, A., Le vol des insectes. 1934: Hermann.
- [54]. McGahan, J., Flapping flight of the andean condor in nature. Journal of Experimental Biology, 1973. 58.
- [55]. Srygley, R. and A. Thomas, Unconventional lift-generating mechanisms in free-flying butterflies. Nature, 2002. 420(6916): p. 660-664.

- [56]. McIntosh, S.H., S.K. Agrawal, and Z. Khan, Design of a Mechanism for Biaxial Rotation of a Wing for a Hovering Vehicle. *Mechatronics, IEEE/ASME Transactions on*, 2006. 11(2): p. 145-153.
- [57]. Billingsley, E., et al., Unsteady aerodynamic analysis and effectiveness of bio-inspired flapping wings in V-formation flight. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part G: Journal of Aerospace Engineering*, 2023. 237(2): p. 402-418.
- [58]. Alexander, P.M., *Principles of animal locomotion*. 2002: Princeton University Press.
- [59]. Kim D-K, Wind tunnel tests for a flapping wing model with a changeable camber using macro-fiber composite actuators. *Smart mater structure*, 2009: p. 1–8.
- [60]. Klaptocz, A. and J.-D. Nicoud, Technology and fabrication of ultralight micro-aerial vehicles, in *Flying Insects and Robots*. 2010, Springer. p. 299-316.
- [61]. Nicoud, J.-D. and J.-C. Zufferey. Toward indoor flying robots. in *Intelligent Robots and Systems*, 2002. IEEE/RSJ International Conference on. 2002. IEEE.
- [62]. Williams, D., *The William E. Boeing Story: A Gift of Flight*. 2022: Fonthill Media.
- [63]. Birch, J.M., W.B. Dickson, and M.H. Dickinson, Force production and flow structure of the leading edge vortex on flapping wings at high and low Reynolds numbers. *Journal of Experimental Biology*, 2004. 207(7): p. 1063-1072.
- [64]. Bell, D.J., et al., MEMS actuators and sensors: observations on their performance and selection for purpose. *Journal of Micromechanics and Microengineering*, 2005. 15(7): p. S153.
- [65]. Alimohammadi, H.R., H. Naseh, and F. Ommi, A new synthetic metamodel methodology for liquid-propellant engine's cooling system optimization. *Heat Transfer*, 2021. 50(1): p. 907-941.
- [66]. Suhling, F., et al., *Order odonata*, in *Thorp and Covich's freshwater invertebrates*. 2015, Elsevier. p. 893-932.

- [67]. Vaziri Naeen Nejad, J., F. Ommi, and S.H. Moosavy, The effect of an acoustic source on performance of the cyclone separator system for water purification. *Modares Mechanical Engineering*, 2017. 16(13): p. 166-170.
- [68]. Ommi, F., Accuracy Evaluation of Semi-empirical and Numerical Methods in Estimation of Aerodynamic Coefficients for air-launch-to-orbit delta wing. *Modares Mechanical Engineering*, 2017. 17(9): p. 237-244.
- [69]. C, W.P. „An aerodynamic analysis of bird wings as fixed aerofoils. *J. Exp. Biol*, 1981. 90:143-162.
- [70]. Tennekes, H., The simple science of flight. 1996: MIT Press.
- [71]. Jalili, B., et al., Numerical study of effect of inlet flow turbulent on trajectory and breakup of liquid jet in crossflow. *Journal of Solid and Fluid Mechanics*, 2019. 9(2): p. 167-179.
- [72]. Farokhinejad, M. and F. ommi, Aerodynamic Properties of Airfoils Extracted from Owl and Seagull Wings with Flapping Motion, in *نوزدهمین کنفرانس دینامیک شاره‌ها*. ۱۴۰۰.
- [73]. Sane, S.P., The aerodynamics of insect flight. *Journal of experimental biology*, 2003. 206(23): p. 4191-4208.
- [74]. Sane, S.P. and M.H. Dickinson, The control of flight force by a flapping wing: lift and drag production. *Journal of experimental biology*, 2001. 204(15): p. 2607-2626.
- [۷۵]. نادری، ع. م. فرخی‌نژاد، مطالعه عددی مشخصات آئرو دینامیکی ایرفویل زیستی در حرکت نوسانی با استفاده از الگوریتم اولرین – لاگرانژین، کنفرانس بین‌المللی انجمن هوافضای ایران. ۱۳۹۴.
- [76]. Fath, A., T. Xia, and W. Li, Recent Advances in the Application of Piezoelectric Materials in Microrobotic Systems. *Micromachines*, 2022. 13(9): p. 1422.
- [۷۷]. فرخی‌نژاد، م. ع. نادری، بررسی عددی مشخصات آئرو دینامیکی ایرفویل زیستی در مقایسه با ایرفویل *NACA0012* و صفحه تخت در حرکت نوسانی با استفاده از الگوریتم اولرین الاگرانژین، بیست و چهارمین کنفرانس سالانه بین‌المللی انجمن مهندسان مکانیک ایران. ۱۳۹۸.
- [78]. Aleyev, Y.G., Creation of propulsive force (locomotion), in *Nekton*. 1977, Springer. p. 87-183.

- [79]. Maxworthy, T., A note on the internal solitary waves produced by tidal flow over a three-dimensional ridge. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 1979. 84(C1): p. 338-346.
- [80]. Maxworthy, T., Bubble formation, motion and interaction in a Hele-Shaw cell. *Journal of Fluid Mechanics*, 198: 173.6 p. 95-114.
- [81]. Wang, Z., Vortex shedding and frequency selection in flapping flight. *Journal of Fluid Mechanics*, 2000. 410: p. 323-341.
- [82]. Farokhinejad, M., g. abdizadeh, and F. ommi, New Innovative Unsteady DBD plasma actuator Flow Control over Oscillating airfoil, in *نوزدهمین کنفرانس دینامیک شاره‌ها*. ۱۴۰۰.
- [83]. Aono, H., W. Shyy, and H. Liu, Near wake vortex dynamics of a hovering hawkmoth. *Acta Mechanica Sinica*, 2009. 25: p. 23-36.
- [84]. Max, S. and H. Hamdani, A study on the mechanism of high-lift generation by an airfoil in unsteady motion at low Reynolds number. *Acta Mechanica Sinica (English Series)*, 2001. 17.(2)
- [85]. Ellington, C., The aerodynamics of hovering insect flight. I. The quasi-steady analysis. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 1984. 305(1122): p. 1-15.
- [86]. Kramer, M., Increase in the maximum lift of an airfoil due to a sudden increase in its effective angle of attack resulting from a gust. *NASA TM-678*, 1932.
- [87]. Lang, X., et al., Sensitivity Analysis of Wing Geometric and Kinematic Parameters for the Aerodynamic Performance of Hovering Flapping Wing. *Aerospace*, 2023. 10(1): p. 74.
- [88]. Bai, X., H. Zhan, and B. Mi, Unsteady Aerodynamic Design of a Flapping Wing Combined with a Bionic Wavy Leading Edge. *Applied Sciences*, 2023. 13(3): p. 1519.
- [89]. Dickinson, M., The effects of wing rotation on unsteady aerodynamic performance at low Reynolds numbers. *The Journal of Experimental Biology*, 1994. 192(1): p. 179-206.
- [90]. Dickinson, M.H. and K.G. Götz, Unsteady aerodynamic performance of model wings at low Reynolds numbers. *Journal of experimental biology*, 1993. 174(1): p. 45-64.

- [91]. Dickinson, M.H., Unsteady mechanisms of force generation in aquatic and aerial locomotion. *American zoologist*, 1996: p. 53.557-7.
- [92]. Dickinson, M.H., F.-O. Lehmann, and S.P. Sane, Wing rotation and the aerodynamic basis of insect flight. *Science*, 1999. 284(5422): p. 1954-1960.
- [93]. Brodskii, A., evolution of insect flight. 1994: Oxford University Press.
- [94]. Floreano, D., et al., Flying insects and robots. 2009: Springer.
- [95]. Runyan, H.L., D.S. Woolston, and A.G. Rainey, Theoretical and experimental investigation of the effect of tunnel walls on the forces on an oscillating airfoil in two-dimensional subsonic compressible flow. Vol. 1262. 1955: National Advisory Committee for Aeronautics.
- [96]. Wilson, K., Dragonfly giants. *Agrion*, 2009. 13: p. 29-31.
- [97]. Young, J. and J.C. S. Lai, Mechanisms influencing the efficiency of oscillating airfoil propulsion. *AIAA journal*, 2007. (45) 7: p. 1695-1702.
- [98]. Nguyen, Q.V., et al. Flapping performance and simulation of an insect-mimicking flapper actuated by a compressed unimorph piezoelectric composite actuator. in *The 15th International Symposium on: Smart Structures and Materials & Nondestructive Evaluation and Health Monitoring*. 2008. International Society for Optics and Photonics.
- [99]. Rival, D., G. Hass, and C. Tropea, Recovery of energy from leading-and trailing-edge vortices in tandem-airfoil configurations. *Journal of Aircraft*, 2011,(1)48 :p. 203-211.
- [100]. Akhtar, I., et al., Hydrodynamics of a biologically inspired tandem flapping foil configuration. *Theoretical and Computational Fluid Dynamics*, 2007. 21: p. 155-170.
- [101]. Zhang, J., Recent Advanced Bionic-inspired Aircrafts. *Highlights in Science, Engineering and Technology*, 2023. 29: p. 190-194.
- [102]. Chan, C.K., et al., High-performance lithium battery anodes using silicon nanowires. *Nature nanotechnology*, 2008. 3(1): p. 31-35.
- [103]. Abdizadeh, G., M. Farokhinejad, and S. Ghasemloo ,Numerical investigation on the aerodynamic efficiency of bio-inspired corrugated and cambered airfoils in ground effect. *Scientific Reports*, 2022. 12(1): p. 19117.

[۱۰۴]. علوی، ز.، بررسی تجربی شکل بال بالزن ها و پارامترهای حرکتی آن بر روی عملکرد پروازی ایستا، *in* دانشکده مهندسی ۱۳۹۲، دانشگاه فردوسی مشهد.

[105]. Bronz, M., et al., Towards a long endurance MAV. International Journal of Micro Air Vehicles, 2009. 1(4): p. 241-254.

[106]. Mahjoubi, H. and K. Byl. Insect flight muscles: inspirations for motion control in flapping-wing MAVs. in Proc. Int. Conf. Unmanned Aircraft Systems (ICUAS). 2012.

[۱۰۷]. پورکبیریان، م.ن.د.ر.ک.م.ن.ا.، طراحی و تحلیل هواپیمای بدون سرنشین بال متحرک (پرنده بالزن)، *in* هشتمین کنفرانس سالانه انجمن هوافضا. ۱۳۸۷: دانشگاه صنعتی مالک اشتر.

[108]. Jadhav, G. and K. Massey, The development of a miniature flexible flapping wing mechanism for use in a robotic air vehicle. 2007, Mechanical Engineering, Georgia Institute of Technology.

[۱۰۹]. کوهبنانی، ز.ش.، بررسی بال های ریز پرنده ها و حشرات. ۱۳۹۲، دانشگاه فردوسی مشهد.

[۱۱۰] حسین حسن پور، وحید بهلوری، محمدحسن جوارشکیان، زهرالسادات علوی، بررسی تأثیر مشخصه های ابعادی بال یک ریز پرنده بالزن و گسترش شرایط طراحی بال با استفاده از شبکه عصبی، *in* سیزدهمین کنفرانس انجمن هوافضای ایران. ۱۳۹۲.

[110]. Garrick, I., Propulsion of a flapping and oscillating airfoil. 1936: National Bureau of Standards.

[111]. DeLaurier, J.D., An aerodynamic model for flapping-wing flight. Aeronautical Journal, 1993. 97(964): p. 125-130.

[112]. Grasmeyer, J.M. and M.T. Keennon, Development of the black widow micro air vehicle. Progress in Astronautics and aeronautics, 2001. 195: p. 519-535.

[113]. Gurdan, D., et al. Energy-efficient autonomous four-rotor flying robot controlled at 1 kHz. in Robotics and Automation, 2007 IEEE International Conference on. 2007. IEEE.

[114]. Planta, C., et al., A neural model of the fly visual system applied to navigational tasks, in Artificial Neural Networks—ICANN 2002. 2002, Springer. p. 1268-1274.

[115]. Zufferey, J.-C., et al., Flying over the reality gap: From simulated to real indoor airships. Autonomous Robots, 2006. 21(3): p. 243-254.

- [116]. Simons, M., Model aircraft aerodynamics. 2000: Chris Lloyd Sales & Marketing.
- [117]. Ellington, C. and J. Usherwood, Lift and drag characteristics of rotary and flapping wings. Progress in Astronautics and Aeronautics, 2001. 195: p. 231-248.
- [118]. Rae, W.H. and A. Pope, Low-speed wind tunnel testing. 1984: John Wiley.
- [119]. Pressnell, M., Aerofoils for Aeromodellers. 1977: Pitman.
- [120]. Pornsin-Sirirak, T.N., et al. MEMS wing technology for a battery-powered ornithopter. in Micro Electro Mechanical Systems, 2000. MEMS 2000. The Thirteenth Annual International Conference on. 2000. IEEE.
- [121]. Gatesy, S.M., et al., Scientific rotoscoping: a morphology-based method of -D motion analysis and visualization. Journal of Experimental Zoology Part A: Ecological Genetics and Physiology, 2010. 313(5): p. 244-261.
- [122]. Wang, Z.J., Aerodynamic efficiency of flapping flight: analysis of a two-stroke model. Journal of Experimental Biology, 2008. 211(2): p. 234-238.
- [123]. Khan, Z.A. and S.K. Agrawal, Optimal hovering kinematics of flapping wings for micro air vehicles. AIAA journal, 2011. 49(2): p. 257-268.
- [۱۲۴]. جوارشکیان، زرعی جوشری، بررسی عددی تأثیر زاویه صفحه‌ی بال زدن یک پرنده با افق بر نیروهای آیرودینامیکی و توان مصرفی، *in* سیزدهمین کنفرانس انجمن هوافضای ایران. ۱۳۹۲.
- [125]. Woods, M., J. Henderson, and G. Lock, Energy requirements for the flight of micro air vehicles. Aeronautical Journal, 2001. 105(1045): p. 135-149.
- [126]. Ansari, S., R. Żbikowski, and K. Knowles, Aerodynamic modelling of insect-like flapping flight for micro air vehicles. Progress in Aerospace Sciences, 2006. 42(2): p. 129-172.
- [127]. Ellington, C., The aerodynamics of insect flight. II. Morphological parameters. Phil. Trans. R. Soc. Lond. B, 1984. 305: p. 17-40.
- [128]. Gullan, P.J. and P.S. Cranston, The insects: an outline of entomology. 2009: John Wiley & Sons.
- [129]. Ellington, C.P., The novel aerodynamics of insect flight: applications to micro-air vehicles. Journal of Experimental Biology, 1999. 202(23): p. 3439-3448.

- [130]. Ho, S., et al., Unsteady aerodynamics and flow control for flapping wing flyers. *Progress in Aerospace Sciences*, 2003. 39(8): p. 635-681.
- [131]. Shyy, W., P. Ifju, and D. Viieru, Membrane wing-based micro air vehicles. *Applied mechanics reviews*, 2005. (4)58 :p. 283-301.
- [132]. Marey, E., Determination experimentale du mouvement des ailes des insectes pendant le vol. *CR Acad. Sci. Paris*, 1868. 67: p. 1341-45.
- [133]. Weis-Fogh, T., Biology and physics of locust flight. *J. Exp. Biol*, 1964. 41: p. 257-71.
- [134]. Azuma, A., *The biokinetics of flying and swimming*. 2012: Springer Science & Business Media.
- [135]. Lamb, H., *Hydrodynamics* 6th ed. 1932.
- [136]. Grodnitsky, D.L. and P.P. Morozov, Vortex formation during tethered flight of functionally and morphologically two-winged insects, including evolutionary considerations on insect flight. *The Journal of Experimental Biology*, 1993. 182(1): p. 11-40.
- [137]. Sunada, S. and C. Ellington, Approximate added-mass method for estimating induced power for flapping flight. *AIAA journal*, 2000. 38(8): p. 1313-1321.
- [138]. Ellington, C.P., et al., Leading-edge vortices in insect flight. 1996.
- [139]. Van Den Berg, C. and C.P. Ellington, The three-dimensional leading-edge vortex of a 'hovering' model hawkmoth. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 1997. 352(1351): p. 329-340.
- [140]. Martin, L.J. and P.W. Carpenter, Flow-visualization experiments on butterflies in simulated gliding flight. *Fortschritte der Zoologie*, 1977. 24(2-3): p. 308-316.
- [141]. Willmott, A.P., C.P. Ellington, and A.L. Thomas, Flow visualization and unsteady aerodynamics in the flight of the hawkmoth, *Manduca sexta*. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 1997. 352(1351): p. 303-316.
- [142]. Ellington, C. Unsteady aerodynamics of insect flight. in *Symposia of the Society for Experimental Biology*. 1994.

- [143]. Ansari, S., R. Żbikowski, and K. Knowles, Non-linear unsteady aerodynamic model for insect-like flapping wings in the hover. Part 1: methodology and analysis .Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part G: Journal of Aerospace Engineering, 2006. 220(2): p. 61-83.
- [144]. Liu, H., et al., A computational fluid dynamic study of hawkmoth hovering. The journal of experimental biology, 1998. 201(4): p.477-461.
- [۱۴۵]. ابراهیمی، ع، مظاهری، ک،، روش نظریه نواری در تحلیل نیروهای آیرودینامیکی وارد بر بال یک بالزن، *in* دهمین کنفرانس دینامیک شاره‌ها. ۱۳۸۵.
- [146]. Oh, P.Y., M. Joyce, and J. Gallagher. Designing an aerial robot for hover-and-stare surveillance. in Advanced Robotics, 2005. ICAR'05. Proceedings., 12th International Conference on. 2005. IEEE.
- [147]. Shyy, W., et al., Flexible wings and fluid-structure interactions for micro-air vehicles, in Flying Insects and Robots. 2010, Springer. p. 143-157.
- [148]. Wanga, G., et al. Development of an autonomous flight control system for small size unmanned helicopter. in Robotics and Biomimetics, 2007. ROBIO 2007. IEEE International Conference on. 2007. IEEE.
- [149]. Lian, Y. and W. Shyy, Numerical simulations of membrane wing aerodynamics for micro air vehicle applications. Journal of Aircraft, 2005. 42(4): p. 865-873.
- [150]. Stanford, B., et al., Static aeroelastic model validation of membrane micro air vehicle wings. AIAA journal, 2007. 45(12): p. 2828-2837.
- [151]. Chimakurthi, S.K .,et al., Computational aeroelasticity framework for analyzing flapping wing micro air vehicles. AIAA journal, 2009. 47(8): p. 1865-1878.
- [152]. Zhu, Q., Numerical simulation of a flapping foil with chordwise or spanwise flexibility. AIAA journal, 2007. 45 : (10) p. 2448-2457.
- [153]. Willis, D.J., et al. A computational framework for fluid structure interaction in biologically inspired flapping flight. in AIAA applied aerodynamics meeting. 2007.

- [154]. Liani, E., S. Guo, and G. Allegri. Aeroelastic effect on flapping wing performance. in 48th AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics, and Materials Conference. 2007.
 - [155]. Heathcote, S., Z. Wang, and I. Gursul, Effect of spanwise flexibility on flapping wing propulsion. *Journal of Fluids and Structures*, 2008. 24(2): p. 183-199.
 - [156]. Colozza, A., R. Michelson, and M. Naqvi, Planetary Exploration Using Biomimetics—An Entomopter for Flight on Mars. Phase II Final Report, NASA Institute for Advanced Concepts Project NAS5-98051, 2002.
 - [157]. Lentink, D., Novel micro aircraft inspired by insect flight. *Chemie Ingenieur Technik*, 2006. 78(9): p. 1434-1434.
 - [158]. Madangopal, R., Z.A. Khan, and S.K. Agrawal, Biologically inspired design of small flapping wing air vehicles using four-bar mechanisms and quasi-steady aerodynamics. *Journal of Mechanical Design*, 2005. 127(4): p. 809-816.
 - [159]. Zbikowski, R., C. Galinski, and C.B. Pedersen, Four-bar linkage mechanism for insectlike flapping wings in hover: Concept and an outline of its realization. *Journal of mechanical design*, 2005. 127(4): p. 817-824.
 - [160]. Wang, Z.J., The role of drag in insect hovering. *Journal of Experimental Biology*, 2004. 207(23): p. 4147-4155.
 - [161]. Fenelon, M.A. and T. Furukawa, Design of an active flapping wing mechanism and a micro aerial vehicle using a rotary actuator. *Mechanism and Machine Theory*, 2010. 45(2): p. 137-146.
 - [162]. Wang, Z.J., Dissecting insect flight. *Annu. Rev. Fluid Mech.*, 2005. 37: p. 183-210.
 - [163]. Ang, H., T. Xiao, and W. Duan, Flight mechanism and design of biomimetic micro air vehicles. *Science in China Series E: Technological Sciences*, 2009. 52(12): p. 3722-3728.
- [۱۶۴]. حسنعلیان، م، اشرفی زاده، م،، آنالیز و بررسی پلن فرمها و نسبت‌های منظری مختلف برای ریز پرنده‌ها *in* دهمین کنفرانس انجمن هوافضای ایران. ۱۳۸۹.
- [165]. Torres, G.E. and T.J. Mueller, Low aspect ratio aerodynamics at low Reynolds numbers. *AIAA journal*, 2004. 42(5): p. 865-873.

- [166]. Marek, P.L., Design, optimization and flight testing of a micro air vehicle. 2008, University of Glasgow.
- [167]. Miles, R., K. Hynes, and I. Forbes ,Photovoltaic solar cells: An overview of state-of-the-art cell development and environmental issues. Progress in Crystal Growth and Characterization of Materials, 2005. 51(1): p. 1-42.
- [۱۶۸]. زی‌نالی خسروشاهی م، لایقی، م، بررسی امکان‌پذیری طراحی و ساخت یک ریز پرنده خورشیدی، *in* اولین کنفرانس و نمایشگاه انرژی خورشیدی. ۱۳۹۳.
- [169]. Barbir, F., T. Molter, and L. Dalton, Regenerative fuel cells for energy storage: efficiency and weight trade-offs. IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine, 2005. 20(3): p. 35-40.
- [170]. Fenelon, M.A. Biomimetic flapping wing aerial vehicle. in Robotics and Biomimetics, 2008. ROBIO 2008. IEEE International Conference on. 2009. IEEE.
- [171]. Noth, A., W. Engel, and R. Siegwart. Design of an ultra-lightweight autonomous solar airplane for continuous flight. in Field and Service Robotics. 2006. Springer.
- [172]. Roberts, C., M. Vaughan, and W. Bowman. Development of a solar powered micro air vehicle. in 40th AIAA Aerospace Sciences Meeting & Exhibit. 2002.
- [173]. Selig, M.S., Summary of low speed airfoil data. Vol. 1. 1995: SoarTech.
- [174]. André, N., Design of solar powered airplanes for continuous flight. 2008, ETH Zürich.
- [۱۷۵]. حسنعلیان. م، صفدر. م.ع، دشتی، س و ، افزایش مداومت پروازی ریز پرنده‌های بدون سرنشین با طراحی و بهینه‌سازی سلول‌های خورشیدی، اولین کنفرانس بین‌المللی رویکردهای نوین نگهداشت انرژی. ۱۳۹۰: پژوهشگاه نیرو.
- [176]. Hurd, W.R., Application of copper indium gallium diselenide photovoltaic cells to extend the endurance and capabilities of unmanned aerial vehicles. 2009, Monterey, California. Naval Postgraduate School.
- [177]. Conn, A., S. Burgess, and C. Ling, Design of a parallel crank-rocker flapping mechanism for insect-inspired micro air vehicles. Proceedings of the Institution

- of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science, 2007.:(10)221p. 1211-1222.
- [178]. Conn, A., et al. From natural flyers to the mechanical realization of a flapping wing micro air vehicle. in Robotics and Biomimetics, 2006. ROBIO'06. IEEE International Conference on. 2006. IEEE.
- [179]. Bolsman, C., Flapping wing actuation using resonant compliant mechanisms: An insect-inspired design. 2010, TU Delft, Delft University of Technology.
- [180]. Steltz, E., S. Avadhanula, and R.S. Fearing. High lift force with 275 Hz wing beat in MFI. in Intelligent Robots and Systems, 2007. IROS 2007. IEEE/RSJ International Conference on. 2007. IEEE.
- [181]. Wood, R.J., The first takeoff of a biologically inspired at-scale robotic insect. Robotics, IEEE Transactions on, 2008. 24(2): p. 341-347.
- [182]. Avadhanula, S., et al. Dynamically tuned design of the MFI thorax. in Robotics and Automation, 2002. Proceedings. ICRA'02. IEEE International Conference on. 2002. IEEE.
- [183]. Avadhanula, S., et al. Lift force improvements for the micromechanical flying insect. in Intelligent Robots and Systems, 2003.(IROS 2003). Proceedings. 2003 IEEE/RSJ International Conference on. 2003. IEEE.
- [184]. Sreetharan, P. and R. Wood, Passive aerodynamic drag balancing in a flapping-wing robotic insect. Journal of Mechanical Design, 2010. 132(5): p. 051006.
- [185]. Bruggeman, B., Improving flight performance of DelFly II in hover by improving wing design and driving mechanism. Delft University of Technology M. Sc. thesis, 2010.
- [186]. Bejgerowski, W., et al., Integrated product and process design for a flapping wing drive mechanism. Journal of Mechanical Design, 2009. 131(6): p. 061006.
- [187]. Bejgerowski, W., et al. Design and fabrication of a multi-material compliant flapping wing drive mechanism for miniature air vehicles. in ASME 2010 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference. 2010. American Society of Mechanical Engineers.

- [188]. Watson, J., On the wings of technology: Hummingbird drones. msnbc.com, 2011.
- [189]. Ryan, M. and H.-J. Su. Classification of flapping wing mechanisms for micro air vehicles. in ASME 2012 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference. 2012. American Society of Mechanical Engineers.
- [190]. Howell, L., Compliance Mechanisms. 2001, Wiley-Interscience, New York, NY.
- [191]. Tsai, L.-W., Mechanism design: enumeration of kinematic structures according to function. 2000: CRC press.
- [192]. Murphy, M.D., A generalized theory for the type synthesis and design of compliant mechanisms. 1993.

۳ فهرست اشکال

- شکل ۱-۱ یادداشت‌های لئوناردو داوینچی طراحی اولین اورنیتوپتر در سال ۱۴۸۸ م. [۴، ۵] ۴
- شکل ۲-۱ پرواز مهندس آلمانی اتو لیلنتال با گلایدر آویزان [۷] م. ۱۸۹۱ ۱۶
- شکل ۳-۱ نمونه‌هایی از ریز پهنپایه‌ها (A) بال ثابت انعطاف‌پذیر (B) بال گرد مینیاتوری (C) بال زن هیبریدی (D) بال زن با تولید نیروی برآ و پیشران (E) مرغ مگس‌خوار شبیه‌سازی شده (F) ریز پهنپایه با دهانه بال 5CM [۲، ۱۹] ۲۱
- شکل ۴-۱ ریز پهنپایه با بال انعطاف‌پذیر و قابل حمل [۱۱] ۲۲
- شکل ۵-۱ پرتره لئوناردو داوینچی از خودش [۴] ۲۴
- شکل ۶-۱ لئوناردو علاقه خاصی به پرواز داشت. او امیدوار بود با مطالعه آناتومی پرندگان، ماشینی بسازد که روزی به انسان‌ها اجازه دهد در آسمان به آن‌ها ملحق شوند [۲] ۲۶
- شکل ۱۲-۲ مخروط نوری و زمان ۳۹
- شکل ۱-۳ عکس‌برداری با سرعت بالا در حالت واقعی از بال زدن پرندگان [۲] ۴۴
- شکل ۲-۳ ساختار بدن پرندگان [۲۲] ۴۶
- شکل ۳-۳ عقاب در حال مانور توسط دم [۲] ۴۷
- شکل ۴-۳ بال‌های خفاش در حال پرواز [۲] ۴۷
- شکل ۵-۳ شاهین در حال کاهش ارتفاع و فرود [۳۰] ۴۸
- شکل ۶-۳ ساختار پر و استخوان پرندگان {GREENEWALT, 1975 #56} ۵۰
- شکل ۷-۳ مقایسه ایرفویل‌ها در مقاطع مختلف بال {SHYY, 2010 #17} ۵۱
- شکل ۸-۳ بال لاشخور و شاهین [۱] ۵۲
- شکل ۹-۳ عضلات پروازی پرند {RAYNER, 1979 #61} ۵۲
- شکل ۱۰-۳ انواع فازهای پرواز پرندگان {PENNYCUICK, 2008 #2} ۵۴
- شکل ۱۱-۳ انواع پر پرندگان {C. J. PENNYCUICK, 1986 #63} ۵۵
- شکل ۱۲-۳ پرندای تاریخی {C. J. PENNYCUICK, 1986 #63} ۶۲
- شکل ۱۳-۳ مراحل برخاست پرند ماقبل تاریخ {C. J. PENNYCUICK, 1986 #63} ۶۲
- شکل ۱۴-۳ شماتیک بال پرند، خفاش و دست انسان {DHAWAN, 1991 #65} ۶۳
- شکل ۱۵-۳ پیچش بال پرند لک لک در دو حالت فرامحله و فرومحله {GERDES, 2012 #123} ۶۴

- شکل ۱۶-۳ ناحیه‌های مختلف بال پرنده {YAN, 2001 #85} ۶۵
- شکل ۱۷-۳ پوشش‌های آئرو دینامیک بال {D. W. BECHERT, 1997 #62} ۶۵
- شکل ۱۸-۳ عضو *ALULA* که همانند *SLOT* در هواپیما کاربرد دارد {D. W. BECHERT, 1997 #62} ۶۶
- شکل ۱۹-۳ نیروهای وارده بر پرنده {D. W. BECHERT, 1997 #62} ۶۶
- شکل ۲۰-۳ اجزای مختلف یک بال پرنده {D. W. BECHERT, 1997 #62} ۶۷
- شکل ۲۱-۳ ابعاد دو نوع بال مختلف برای مأموریت‌های مختلف پروازی از پرندگان {SHYY, 2010 #17} ۶۸
- شکل ۲۲-۳ اجزای یک بال بیضوی پرنده {D. W. BECHERT, 1997 #62} ۶۸
- شکل ۲۳-۳ اجزای یک بال سرعت بالا پرنده {D. W. BECHERT, 1997 #62} ۶۹
- شکل ۲۴-۳ بال با نسبت ابعادی بزرگ و اجزای آن {D. W. BECHERT, 1997 #62} ۶۹
- شکل ۲۵-۳ بال برای سر خوردن {D. W. BECHERT, 1997 #62} ۷۰
- شکل ۲۶-۳ مراحل بال زدن یک نوع پرنده {GOSLOW, 1990 #50} ۷۱
- شکل ۲۷-۳ موج پرواز یک پرنده {PENNYCUICK, 2008 #2} ۷۱
- شکل ۲۸-۳ دو نوع پرنده در حال پرواز در جا {HAMAMOTO, 2007 #73} ۷۲
- شکل ۲۹-۳ دارکوب مانند: پروازشان داری فراز و فرود است، با بال زدن پیاپی در هنگام فرود {DHAWAN, 1991 #65} ۷۳
- شکل ۳۰-۳ سهره مانند: پرواز سبک و سریع با بال‌های پیاپی در هنگام فرود {DHAWAN, 1991 #65} ۷۳
- شکل ۳۱-۳ کورکور مانند: بال زدن‌های عمیق و آهسته و سر خوردن (به سمت بالا) بین چند ضربه بال زدن
 {DHAWAN, 1991 #65} ۷۳
- شکل ۳۲-۳ گنجشک مانند: مستقیم با چندین ضربه سریع و سر خوردن کوتاه بین چند ضربه {DHAWAN, 1991 #65} ۷۳
- شکل ۳۳-۳ پرستو مانند: بال زدن‌های سریع و پیاپی و سر خوردن بین آن‌ها {DHAWAN, 1991 #65} ۷۳
- شکل ۳۴-۳ پرواز گروهی پرندگان {DHAWAN, 1991 #65} ۷۴
- شکل ۳۵-۳ نحوه نگهداشتن بال‌ها در هنگام پرواز {MAGNAN, 1934 #54} ۷۵
- شکل ۳۶-۳ مجموعه‌ای از عکس‌برداری‌های سریع است که بیانگر پیچیدگی شکل و حالت بال هنگام بال زدن است
 {MCGAHAN, 1973 #58} ۷۶
- شکل ۳۷-۳ نحوه بال زدن و تولید پیشران و برآ توسط کبوتر از نماهای مختلف {MCGAHAN, 1973 #58} ۷۸
- شکل ۳۸-۳ نحوه بال زدن و تولید نیروی پیشران در پرواز افقی {MCGAHAN, 1973 #58} ۷۹
- شکل ۳۹-۳ پرواز پرنده از نمای جلو {BILLINGSLEY, 2023 #21} ۷۹

- شکل ۳-۴۰ مرغ دریا هنگام نشستن {SHYY, 2013 #31} ۸۰
- شکل ۳-۴۱ مرغ مگس خوار در حال پرواز ایستا {D. R. WARRICK, 2005 #51} ۸۱
- شکل ۳-۴۲ پرواز سرخوردن همراه با اوج‌گیری {ALEXANDER, 2002 #66} ۸۲
- شکل ۳-۴۳ عبور جریان از روی بال و تولید نیرو {KIM D-K, 2009 #67} ۸۲
- شکل ۳-۴۴ سیلندر حال چرخش، سیلندر ثابت جریان در حال چرخش {NICOUD, 2002 #24} ۸۳
- شکل ۳-۴۵ جریان روی یک سطح آئرو دینامیکی در زوایای حمله متفاوت تا استال کامل {WILLIAMS, 2022 #5} ۸۴
- شکل ۳-۴۶ اثر فرو وزش در هر بار بال زدن پرنده {BIRCH, 2004 #61} ۸۵
- شکل ۳-۴۷ اثرات فرو وزش و پسا القایی در پرواز گروهی {BELL, 2005 #122} ۸۵
- شکل ۳-۴۸ نمودارهای سرعت و شکل سمت راست برخاستن درنای تاج‌دار {KLAPTOCZ, 2010 #16} ۸۷
- شکل ۳-۴۹ نمودار $CD0$ برای پرنده‌های مختلف {C, 1981 #68} ۹۰
- شکل ۳-۵۰ تغییر طول بال در سرعت‌های مختلف سرخوردن برای دو نوع پرنده کبوتر و شاهین {TENNEKES, 1996 #52} ... ۹۱
- شکل ۳-۵۱ اثر بادهای مجاور {DHAWAN, 1991 #65} ۹۵
- شکل ۳-۵۲ مقایسه پرواز کردن در دو حالت برخاستن و سرخوردن {BROWN, 1948 #59} ۹۶
- شکل ۳-۵۳ نیروها در پرواز گردشی {DHAWAN, 1991 #65} ۹۷
- شکل ۳-۵۴ پرواز صعودی دینامیکی {DHAWAN, 1991 #65} ۹۸
- شکل ۳-۵۵ نسبت منظری به بارگذاری بال پرنده‌گان و وسایل پرنده {DHAWAN, 1991 #65} ۱۰۴
- شکل ۳-۵۶ بال‌های مختلف پرنده‌گان {DHAWAN, 1991 #65} ۱۰۴
- شکل ۳-۵۷ توزیع انواع پرنده برحسب میزان وزن برواحد سطح بال و اندازه بال آن‌ها [۱۷] ۱۰۶
- شکل ۳-۵۸ نمایش پرواز تجمعی ۱۰۸
- شکل ۴-۱۱ مقطع بال سنجاقک [۱] ۱۱۰
- شکل ۴-۲ مقایسه سه ایرفویل [۱] ۱۱۱
- شکل ۴-۳ نمونه یک ربات بال‌زن بسیار کوچک پیزو الکتریک ساخته دانشگاه‌هاوارد {FATH, 2022 #70} ۱۱۲
- شکل ۴-۴ مقدار وزن، بار وارد بر واحد مساحت بال (W/S) و سرعت پروازی هواپیماها، پرنده‌ها و حشرات باهم مقایسه گردیدند. ۱۱۵
- شکل ۴-۵ آزمایش مدل حشره در تونل باد با یک پایه (ثابت یا متحرک) {SANE, 2003 #6} ۱۱۶
- شکل ۴-۶ شماتیک روش $DPIV$ {SANE, 2003 #6} ۱۱۷
- شکل ۴-۷ مدل‌سازی پروانه بید {AONO, 2009 #80} ۱۲۰
- شکل ۴-۸ حل عددی میدان جریان پروانه بید {AONO, 2009 #80} ۱۲۱

- شکل ۹-۴ اثر واگنر {SANE, 2003 #6} ۱۲۴
- شکل ۱۰-۴ برش شماتیک از نزدیک شدن بال‌ها به هم در زمان گذر از فرا حمله به فرو حمله رسیدن لبه‌ی حمله‌ی بال‌ها به همسان {SANE, 2003 #6} ۱۲۷
- شکل ۱۱-۴ سازوکار کف زدن بال‌ها [۱۲] ۱۲۸
- شکل ۱۲-۴ تشبیه پولهام از مکش لبه‌ی حمله A. جریان اطراف یک بال ساده واگرایی سریع جریان در لبه‌ی حمله‌ی نیروی مکش ایجاد می‌کند (جهت نمای خاکستری) و این نیرو جهت نیروی برآیند را به سمت جلو منحرف می‌کند تا این نیرو عمود بر جهت جریان آزاد قرار گیرد. [۲۸] ۱۲۹
- شکل ۱۳-۴ مقایسه حرکت انتقالی دوبعدی با حرکت بال‌زنی سه‌بعدی [۲۸] ۱۳۰
- شکل ۱۴-۴ اتصال پایدار گردابه لبه‌ی حمله {SANE, 2003 #6; DICKINSON, 1999 #53} ۱۳۱
- شکل ۱۵-۴ اندرکنش میان بال و دنباله در یک دوره بال‌زدن [۲۸] ۱۳۵
- شکل ۱۶-۴ حل عددی دوبعدی بال‌زدن توسط دو صفحه تخت [۲] ۱۳۶
- شکل ۱۷-۴ بال‌زدن یک حشره در حالت ایستا [۲] ۱۳۷
- شکل ۱۸-۴ سینماتیک بال‌زنی یک حشره در حالت ایستا [۲] ۱۳۸
- شکل ۱۹-۴ سینماتیک بال‌زنی ایستای یک حشره [۲] ۱۳۹
- شکل ۲۰-۴ تغییرات سرعت انتقالی (خطی) بال‌ها در یک سیکل (STROKE) بال‌زنی (نمودار A) و تغییرات سرعت چرخشی (تغییر زاویه‌ی حمله B) بال‌ها در یک سیکل بال‌زنی (نمودار C) [۲] ۱۴۰
- شکل ۲۱-۴ سیکل بال‌زنی زن‌بور فرمسا [۲] ۱۴۱
- شکل ۲۲-۴ حل عددی بال‌شهره هنگام بال‌زدن [2] ۱۴۱
- شکل ۲۳-۴ وتر، طول بال و سطح مقطع بال چند حشره [۲] ۱۴۲
- شکل ۲۴-۴ نمودار عملکرد آئروڈینامیکی و RE برای ایرفویل‌های مختلف [۱۲] ۱۵۲
- شکل ۲۵-۴ سطح مقطع بال سنجاقک و ایرفویل معادل آن [۱۲] ۱۵۳
- شکل ۲۶-۴ بررسی استقلال جواب از شبکه و گام زمانی [۲۵] ۱۵۶
- شکل ۲۷-۴ شبکه بندی دوبعدی بال سنجاقک [۲۵] ۱۵۷
- شکل ۲۸-۴ ایرفویل زیستی بال سنجاقک پس از حل عددی [۲۵] ۱۵۸
- شکل ۲۹-۴ بردارهای سرعت بر روی دو ایرفویل در زاویه ۰ درجه [۲۵] ۱۵۸
- شکل ۳۰-۴ بردارهای سرعت بر روی دو ایرفویل در زاویه ۵ درجه [۲۵] ۱۵۹
- شکل ۳۱-۴ بردارهای سرعت بر روی دو ایرفویل در زاویه ۱۰ درجه [۲۵] ۱۵۹
- شکل ۳۲-۴ بررسی‌های عددی ایرفویل در نوسان عمودی و اثر سطح صلب روی آن [۲۹] ۱۶۰

- شکل ۳۳-۴ بررسی ضریب برآ با تغییر ارتفاع از سطح دیواره [۳۰] ۱۶۰
- شکل ۳۴-۴ مدل بال زن در برابر جریان [۲۷] ۱۶۱
- شکل ۳۵-۴ مقایسه ضرایب برآ و پسا در کارهای افراد ذکر شده {*ABDIZADEH, 2022 #14*} ۱۶۱
- شکل ۳۶-۴ گلايدر و دیاگرام نیروها [۱] ۱۶۴
- شکل ۳۷-۴ وزن بال، وزن کل، دهانه بال، نسبت منظری و ضریب بار برای گونه‌های مختلف خفاش [۲] ۱۶۵
- شکل ۳۸-۴ وزن بال، وزن کل، دهانه بال، نسبت منظری و ضریب بار برای گونه‌های پرندگان و حشرات [۲] ۱۶۶
- شکل ۳۹-۴ نمون‌های از یک بال ثابت ساخته شده در آزمایشگاه لینکلن با طول بال ۷/۴ سانتی‌متر [۳۱] ۱۶۶
- شکل ۴۰-۴ یک نمونه پرنده بال ثابت با ملخ نصب شده در میانه‌ی بدنه [۳۱] ۱۶۷
- شکل ۴۱-۴ بال زن چهارباله دلفی ۲ در حال پرواز [۳۱] ۱۶۷
- شکل ۴۲-۴ یک نمونه پرنده بال زن دو باله ساخته شده توسط کرونیستر [۳۱] ۱۶۸
- شکل ۴۳-۴ میکرو بال زن بن فینیو [۳۱] ۱۶۸
- شکل ۴۴-۴ یک نمونه پرنده بال چرخان با طول ۳۵ سانتی‌متر [۳۱] ۱۶۸
- شکل ۴۵-۴ نیروهای ایجاد شده توسط بال پوست‌های بال زن [۳۱] ۱۷۰
- شکل ۴۶-۴ نمایش پرواز تجمعی *PERDIX* در سال ۲۰۱۷ ۱۷۱
- شکل ۱-۵ مکانیسم بال زن ساخته شده در دانشگاه فردوسی مشهد [۳۵] ۱۷۶
- شکل ۲-۵ نمای کلی از سیستم آزمایشگاهی بال زن ساخته شده در دانشگاه فردوسی مشهد [۳۵] ۱۷۷
- شکل ۳-۵ نمودار نیروی لیفت در ضربه به پایین و بالا [۳۲] ۱۷۹
- شکل ۴-۵ نمودار نیروی تراست در ضربه به پایین و بالا [۳۲] ۱۷۹
- شکل ۵-۵ نیروهای لیفت و تراست روی بال در هنگام ضربه به پایین [۳۲] ۱۸۰
- شکل ۶-۵ نیروهای لیفت و تراست روی بال در هنگام ضربه به بالا [۳۲] ۱۸۰
- شکل ۷-۵ مکانیسم نیروها [۳۲] ۱۸۲
- شکل ۸-۵ ایجاد ورتکس روی بال در سه وضعیت [۳۲] ۱۸۳
- شکل ۹-۵ نمودار طول بال بر حسب وزن پرنده [۳۲] ۱۸۴
- شکل ۱۰-۵ نمودار سرعت پرنده بر حسب جرم [۳۲] ۱۸۵
- شکل ۱۱-۵ نمودار بار واحد طول بال بر حسب وزن [۳۲] ۱۸۷
- شکل ۱۲-۵ آنالیز برداری بال در حرکت به سمت پایین و بالا [۳۲] ۱۸۸
- شکل ۱۳-۵ پایداری عرضی سمتی پرنده [۳۲] ۱۸۹

- شکل ۵-۱۴ بال زن تدبیر ۱۹۱
- شکل ۵-۱۵ (عضلات آسنکرون در دو حالت روبه بالا (A) و روبه پایین (B)) [۳۹] ۱۹۲
- شکل ۵-۱۶ شکل انواع ریز پرنده‌های ساخته شده [۴۴] ۱۹۵
- شکل ۵-۱۷ (A) منحنی قطبی متداول برای یک ایرفویل در عدد رینولدز بالا و پایین. (B) جدایش آسان جریان آرام از روی یک سطح کامل [۴۴] ۱۹۹
- شکل ۵-۱۸ فشار اعمالی روی بال پرنده‌ها و وسایل پرنده با توجه به وزن آن‌ها [۴۴] ۲۰۰
- شکل ۵-۱۹ نسبت قدرت به وزن اشیای پرنده [۴۴] ۲۰۲
- شکل ۵-۲۰ (A) چرخنده با استفاده از صفحه دوران (B) چرخنده بدون استفاده از صفحه دوران [۴۴] ۲۰۳
- شکل ۵-۲۱ نمونه‌ای از ربات‌های حشره ساخته شده [۱۳] ۲۰۵
- شکل ۶-۱ نمونه‌ای از مدل‌سازی بال یک پرنده با مدل المان تیغه [۳۸] ۲۱۰
- شکل ۶-۲ نمودار نیروهای وارد بر پرنده [۳۸] ۲۱۰
- شکل ۶-۳ محورهای تعریف شده‌ی هم‌راستا با حرکات مختلف در کورس بال زدن: سمت راست محور به درون گرداندن و به بیرون گرداندن بال را نشان می‌دهد- شکل چپ محور بالا رفتن و پایین آمدن بال را نشان می‌دهد [۳۸] ۲۱۱
- شکل ۶-۴ (محور صفحه بال زدن و زاویه‌ی آن با افق را نشان می‌دهد) [۳۸] ۲۱۱
- شکل ۶-۵ مقطعی از یک المان تیغه‌ی بال و نشان دادن راستاهای نیروی برآ و پسای محلی بر روی المان تغه [۳۸] ۲۱۳
- شکل ۶-۶ نیم کورس در طول یک سیکل پروازی حشره [۶۰] ۲۱۸
- شکل ۶-۷ شکل پرواز حشره شبیه به هشت لاتین [۶۰] ۲۱۸
- شکل ۶-۸ صفحات عرضی استوانه‌ای و تخت [۶۰] ۲۱۹
- شکل ۶-۹ اثر واگنر و گیر انداختن دنباله (گردابه‌های در جهت عقربه‌های ساعت با خاکستری نشان داده شده) زمانی که بال شتاب کم می‌شود در انتهای نیم کورس گردابه‌های ایستایی انتشار می‌یابد (A) ۲۲۱
- شکل ۶-۱۰ دنباله‌ی ایجاد شده توسط بال یک شبه حشره در هاور حلقه‌ی ایجاد شده در لبه‌ی راهنما با خط چین نشان داده می‌شود و تا زمانیکه از لبه‌ی بعدی جدا شوند به شکل خط پر نشان داده می‌شود. (A) پایان نیم کورس، (B) شروع کورس معکوس، (C) پایان کورس معکوس، (D) شروع نیم کورس جدید [60] ۲۲۵
- شکل ۶-۱۱ شماتیک مکانیسم چهارمیله‌ای بال زن [۸۸] ۲۲۸
- شکل ۶-۱۲ ربو زنبور موئسه و یسه [۷۵] ۲۳۰
- شکل ۱۷-۱/ (A) حرکت جنبشی نامتقارن بال‌ها و هماهنگ کردن انتهای بال توسط مرغ مگس خوار را نشان می‌دهد که از خطر احتمالی اجتناب می‌کند و سینه سرخ که با تنظیم کردن بال‌ها، خود را به هدف می‌رساند شکل (B) ساختار بال سنجاقک با لبه‌ی راهنمای مستحکم و توزیع خواص مکانیکی ناهمسان و شکل هندسی موج دار آن را نشان می‌دهد [۹۱] ۲۳۴

- شکل ۸-۱ نمونه‌هایی از هواپیماهای *MAV* بال ثابت [۱۱۴] ۲۵۷
- شکل ۸-۲ نمایش چگونگی توزیع برآ، پسا القایی و ویسکوزیته و توزیع فشار بر روی پلن فرم‌های بیضوی در زاویه حمله ۵ درجه و $AR=1.5$ [۱۱۴] ۲۶۲
- شکل ۸-۳ نمودارهای ضرایب برآ و پسا، برآ و مومنتوم بر حسب زاویه حمله برای پلن فرم مستطیلی در نسبت‌های منظری ۱ تا ۲ [۱۱۴] ۲۶۳
- شکل ۸-۴ نمایش چگونگی توزیع برآ، پسا القایی و ویسکوزی و توزیع فشار بر روی پلن فرم مستطیلی در زاویه حمله ۵ [۱۱۴] ۲۶۳
- شکل ۸-۵ نمودارهای ضرایب برآ و پسا، برآ به پسا و مومنتوم بر حسب زاویه حمله برای دلتا ۳۰ در نسبت‌های منظری ۱ تا ۲ [۱۱۴] ۲۶۴
- شکل ۸-۶ نمایش چگونگی توزیع برآ، پسا القایی و ویسکوزی و توزیع فشار بر روی پلن فرم‌های دلتا در زاویه حمله ۵ [۱۱۴] ۲۶۵
- شکل ۸-۷ نمودار ضریب برآ بر حسب زاویه حمله برای تمام پلن فرم‌های دلتا در نسبت‌های منظری ۱ تا ۲ [۱۱۴] ۲۶۷
- شکل ۸-۸ نمودار ضریب پسا بر حسب زاویه حمله برای تمام پلن فرم‌های دلتا در نسبت‌های منظری ۱ تا ۲ [۱۱۴] ۲۶۷
- شکل ۸-۹ نمایش چگونگی توزیع برآ، پسا القایی و ویسکوزی و توزیع فشار برای *SWEEP*های مختلف [۱۱۴] ۲۶۸
- شکل ۸-۱۰ نمودار ضریب برآ بر حسب زاویه حمله برای پلن فرم *SWEEP* ۴۵ در کلیه *TAPER*ها و نسبت منظری ۱ تا ۲ [۱۱۴] ۲۶۹
- شکل ۸-۱۱ نمودار ضریب پسا بر حسب زاویه حمله برای پلن فرم *SWEEP* ۴۵ در کلیه *TAPER*ها و نسبت منظری ۱ تا ۲ [۱۱۴] ۲۶۹
- شکل ۸-۱۲ پلن فرم جدید تعریف شده با الگوگیری از بال پرندگان [۱۱۴] ۲۷۰
- شکل ۸-۱۳ نمودارهای ضرایب برآ و پسا، برآ به پسا و مومنتوم بر حسب زاویه حمله برای پلن فرم‌های *CRE* و *INV* در نسبت‌های منظری ۱ تا ۲ [۱۱۴] ۲۷۱
- شکل ۸-۱۴ نمایش چگونگی توزیع برآ، پسای القایی و ویسکوزی و توزیع فشار برای پلن فرم‌های *CRE* و *INV* در نسبت‌های منظری ۱ تا ۲ [۱۱۴] ۲۷۱
- شکل ۸-۱۵ نمایش چگونگی توزیع برآ، پسای القایی و ویسکوزی و توزیع فشار برای پلن فرم‌های *PLASTER* و *INV* [۱۱۴] ۲۷۲
- شکل ۸-۱۶ ریز پهناد هورنت سیاه ۲۷۳
- شکل ۹-۱ اصول بنیادی هواپیمای خورشیدی [۱۱۹] ۲۷۷
- شکل ۹-۲ موازنه‌های انرژی و جرم [۱۱۹] ۲۷۸
- شکل ۹-۳ تخمین تابش به عنوان یک منحنی سینوسی [۱۱۹] ۲۷۸
- شکل ۹-۴ تغییرات ضریب لیفت به درگ با توجه به عدد رینولدز [۱۲۲] ۲۸۱
- شکل ۹-۵ دیگرارم به کارگیری انرژی هیبریدی در هواپیماهای بدون سرنشین *MAV* [۱۲۶] ۲۸۳
- شکل ۹-۶ نمایی از هواپیماهای *MAV* خورشیدی [۱۲۸] ۲۸۵

- شکل ۷-۹ لودویک پرائنتل ۲۸۷
- شکل ۸-۹ پرائنتل در کنار اولین تونل باد خود ۲۸۸
- شکل ۱-۱۰ حرکت بال زدن زنبور، بالا سمت چپ: یک نمونه از بال، بالا سمت راست: نمودار پارامترهای حرکت، پایین: مسیر حرکت نوک بال [۱۴۲] ۲۹۵
- شکل ۲-۱۰ (سمت چپ) مکانیسم چهار میله‌ای صلب در مقابل (سمت راست) مکانیسم چهار میله‌ای فرمان بردار [۱۴۲] ۲۹۷
- شکل ۳-۱۰ نوع قطعات و نوع ارتباطات [۱۴۲] ۲۹۹
- شکل ۴-۱۰ مکانیسم بال زن استفاده شده برای پنده بزرگ طراحی شده در دانشگاه *MARYLAND* [۱۴۲] ۲۹۹

۴ واژه‌نامه انگلیسی-فارسی

A

Advanced rotation	گردش پیشرفته
Advanced rotation produces	دوران پیشرفته تولیدشده
Arbitrary Lagrangian-Eulerian	دیدگاه دلخواه اولرین – لاگرانژین
Aspect ratio	نسبت منطری

B

Barn Swallow (Hirundo rustics)	پرستوی بارن
--------------------------------	-------------

C

Circulation	چرخش
Columba livia	کبوتر لیویا
Cruising	پرواز افقی

D

Delayed rotation	گردش با تاخیر
Doves	قمری
Downstroke	فروحملة
Downward momentum	حرکت روبه پایین
Drosophi lamelanogaster	نوعی مگس

E

Encarsia formosa	حشره شته
Entomopter	انتوموپتر

F

Finite Element	المان محدود
Finite Volume Element	حجم المان محدود
Forward Flight	پرداز روبه جلو
Fruit fly	حشره میوه

G

Geometric Conservation Law	قانون بقای هندسی
Ground Effect Craft	وسایل نقلیه تحت اثر زمین

H

Hang glider	گلایدر آویزان
Hawkmoth	شاپرک
Highly distorted blocks	بلوک‌های با تغییر شکل زیاد
Honey Bee	زنبور عسل
Hover	شناوری

I

Incidence	زاویه نصب
Intense Leading-edge Vortex	گردابه لبه حمله شدید

L

Leading edge	لبه حمله
Leading to shear	تولید نیروی برشی

M

Man-duca sexta	نوعی زنبور
Micro Air Vehicle	ریز پهپاد

N

Net force	نیروی خالص
-----------	------------

O

Ornithopter اورنیتاپتر

P

Panel Method روش حل عددی

Pitching نوسان چرخشی

Plunging بالا و پایین رفتن

Potential force component مؤلفه پتانسیل نیرو

Propeller ملخ هواپیما

R

Rolling up غلتیدن روبه بالا

Rotatation دوران

S

Shedding of a vortex ring افشانه‌ای از حلقه گردابه‌ها

Sparse تنک

span دهانه بال

Span-wise axis محور نوک تا نوک بال

Stagnation point نقطه سکون

Stroke حمله

Sturnus vulgaris سار اروپایی

Symmetry rotation گردش متقارن

T

Take off بلند شدن از زمین

Tandem Wing دو بال پشت هم

Tethered Flight پرواز بسته شده با طناب

The Mass and Momentum Conservation Laws معادلات بقای جرم و تکانه

Trailing edge لبه فرار

Transverse vortex گردابه متقاطع

Turn	گردش
<i>U</i>	
<i>Upstroke</i>	فرا حمله
<i>Upwind</i>	پیشرو
<i>V</i>	
Vortex	گردابه
<i>W</i>	
Wagner effect	اثر واگنر
Wake	دنباله
Wing in Ground Effect(W.I.G)	اثر زمین

۵ فهرست اعلام

CFD, ۱۱۹, ۱۲۰, ۱۲۱, ۱۲۸, ۱۳۲, ۱۳۳, ۲۱۶, ۱۱۹,

۲۴۵, ۲۴۶, ۲۴۸, ۲۴۹

MAV, ۱۱۱, ۱۸۳, ۲۳۲, ۲۵۶, ۲۵۷, ۲۵۸, ۲۵۹, ...

۲۶۵, ۲۸۳, ۲۸۵, ۲۹۲, ۳۰۳

Per di x, ۱۷۰, ۱۷۱

اتصالات, ۴۹, ۲۸۴, ۲۹۳, ۲۹۶, ۲۹۷, ۲۹۸, ۳۰۱,

۳۰۳, ۳۰۴, ۳۰۵

اتو لیلنتال, ۱۶

اثر سطح, ۱۵۹, ۱۶۰

اثر کرامر, ۱۳۳, ۱۳۴, ۲۲۲

اختراعات, ۲۴, ۲۵

اختلاف فشار, ۳۰, ۸۴, ۸۵, ۲۱۳

ارتفاع, ۳۳, ۳۵, ۳۶, ۳۸, ۴۰, ۴۸, ۵۳, ۵۴, ۹۴, ...

۹۵, ۹۶, ۹۷, ۹۸, ۱۶۰, ۱۶۳, ۱۷۱, ۲۵۳, ۲۵۴,

۲۷۳

آزمایشگاهی, ۴۵, ۱۱۳, ۱۱۶, ۱۱۷, ۱۱۸, ۱۲۰, ...

۱۲۱, ۱۲۵, ۱۳۰, ۱۳۳, ۱۷۷, ۲۴۶, ۲۵۳, ۳۱۴

اسکلت, ۲۵, ۴۶, ۶۳, ۱۶۲

آسمان, ۱۱, ۲۶, ۵۳, ۷۲, ۱۷۰, ۱۸۸, ۲۷۳, ۲۷۶

اعضای انجمن پرواز فرانسه, ۲۰

اعضای بدن, ۴۴

الاستیسیته, ۲۳۲, ۲۳۳, ۲۳۴

الکساندر لیبیچ, ۱۹

الگوریتم, ۲۰, ۲۴۵, ۲۴۹

الینگتون, ۱۱۳, ۱۲۲, ۱۲۶, ۱۳۱, ۱۳۳, ۱۴۵, ۱۸۶

۲۱۶, ۲۲۲, ۲۲۳

امواج, ۴۰, ۴۱

آناتومی, ۲۵, ۲۶, ۱۱۴, ۱۵۳

آنالیز, ۱۸۸, ۲۰۹, ۲۳۵, ۲۳۶, ۲۳۸, ۲۴۱, ۲۵۶, ...

۲۵۹, ۲۶۰, ۲۶۲, ۲۶۳, ۲۶۴, ۲۶۸, ۲۷۰, ۲۷۲,

۳۰۳

اندرکنش بال, ۱۳۶

انعطاف پذیری, ۴۹, ۱۱۱, ۱۶۹, ۲۱۶, ۲۳۳, ۲۳۶, ..

۲۳۷, ۲۳۸, ۲۴۸, ۳۰۳

اوج گیری, ۳۶, ۳۷

اوج گیری, ۳۵, ۸۱, ۸۲, ۸۶, ۹۶, ۹۷, ۹۸, ۹۹, ...

۱۰۱, ۱۰۳, ۱۰۴, ۱۰۵

اورنیتوپتر, ۱۶, ۱۹, ۲۰, ۲۱

ایرفویل, ۱۵, ۳۰, ۳۱, ۳۲, ۴۹, ۵۱, ۸۸, ۱۱۰, ...

۱۱۱, ۱۲۳, ۱۵۰, ۱۵۱, ۱۵۲, ۱۵۳, ۱۵۷, ۱۵۸,

۱۵۹, ۱۶۰, ۱۶۲, ۱۶۳, ۱۹۳, ۱۹۸, ۱۹۹, ۲۰۹,

۲۱۲, ۲۲۶, ۲۷۹, ۲۸۲

آیروالاستیسیته, ۲۲۸, ۲۳۵

آئرو دینامیک, ۱, ۲, ۳, ۱۱, ۱۲, ۱۴, ۱۵, ۱۷, ۱۸, ...

۲۲, ۲۳, ۲۹, ۳۰, ۳۱, ۴۵, ۶۵, ۸۷, ۸۸, ۹۵, ۱۱۲,

۱۱۳, ۱۱۴, ۱۱۸, ۱۱۹, ۱۲۰, ۱۲۲, ۱۲۳, ۱۳۳,

۱۳۴, ۱۴۲, ۱۴۴, ۱۴۵, ۱۴۶, ۱۴۹, ۱۵۳, ۱۷۰,

۱۷۴, ۱۷۵, ۱۸۶, ۱۹۳, ۱۹۸, ۱۹۹, ۲۰۱, ۲۱۵,

۲۱۶، ۲۱۹، ۲۲۰، ۲۲۲، ۲۲۴، ۲۲۵، ۲۲۶، ۲۲۸،
 ۲۳۲، ۲۳۳، ۲۳۷، ۲۴۸، ۲۵۱، ۲۹۰، ۲۹۲، ۲۹۶
 /اینرسی ... ۲۱۲، ۱۹۷، ۱۹۶، ۱۸۷، ۱۵۰، ۱۱۶، ۸۹،
 ۲۲۱، ۲۲۷، ۲۲۸، ۲۵۲
 بال .. ۲۸، ۲۳، ۲۲، ۲۱، ۱۸، ۱۷، ۱۵، ۱۴، ۱۲، ۱۱،
 ۲۹، ۳۰، ۳۲، ۳۳، ۳۵، ۴۴، ۴۵، ۴۶، ۴۷، ۴۸، ۴۹،
 ۵۰، ۵۱، ۵۲، ۵۳، ۵۴، ۵۵، ۵۶، ۵۸، ۵۹، ۶۰، ۶۱،
 ۶۲، ۶۳، ۶۴، ۶۵، ۶۶، ۶۷، ۶۸، ۶۹، ۷۰، ۷۱، ۷۲،
 ۷۳، ۷۴، ۷۵، ۷۶، ۷۷، ۷۸، ۷۹، ۸۰، ۸۱، ۸۲، ۸۴،
 ۸۵، ۸۶، ۸۷، ۸۸، ۸۹، ۹۰، ۹۱، ۹۲، ۹۳، ۹۶، ۹۷،
 ۹۹، ۱۰۰، ۱۰۱، ۱۰۲، ۱۰۳، ۱۰۴، ۱۰۵، ۱۰۶،
 ۱۱۰، ۱۱۱، ۱۱۲، ۱۱۳، ۱۱۴، ۱۱۶، ۱۱۸، ۱۱۹،
 ۱۲۰، ۱۲۲، ۱۲۳، ۱۲۵، ۱۲۶، ۱۲۷، ۱۲۸، ۱۲۹،
 ۱۳۰، ۱۳۱، ۱۳۲، ۱۳۳، ۱۳۴، ۱۳۵، ۱۳۶، ۱۳۷،
 ۱۳۸، ۱۳۹، ۱۴۰، ۱۴۱، ۱۴۲، ۱۴۳، ۱۴۴، ۱۴۵،
 ۱۴۶، ۱۴۷، ۱۴۸، ۱۵۰، ۱۵۱، ۱۵۲، ۱۵۴، ۱۵۵،
 ۱۵۷، ۱۵۸، ۱۵۹، ۱۶۱، ۱۶۲، ۱۶۳، ۱۶۴، ۱۶۵،
 ۱۶۶، ۱۶۷، ۱۶۸، ۱۶۹، ۱۷۰، ۱۷۱، ۱۷۴، ۱۷۵،
 ۱۷۶، ۱۷۷، ۱۷۸، ۱۷۹، ۱۸۰، ۱۸۱، ۱۸۲، ۱۸۳،
 ۱۸۴، ۱۸۵، ۱۸۶، ۱۸۷، ۱۸۸، ۱۸۹، ۱۹۰، ۱۹۱،
 ۱۹۲، ۱۹۳، ۱۹۴، ۱۹۷، ۱۹۸، ۱۹۹، ۲۰۰، ۲۰۱،
 ۲۰۲، ۲۰۴، ۲۰۵، ۲۰۸، ۲۰۹، ۲۱۰، ۲۱۱، ۲۱۲،
 ۲۱۳، ۲۱۴، ۲۱۵، ۲۱۶، ۲۱۷، ۲۱۸، ۲۱۹، ۲۲۰،
 ۲۲۱، ۲۲۲، ۲۲۳، ۲۲۴، ۲۲۵، ۲۲۶، ۲۲۷، ۲۲۸،
 ۲۲۹، ۲۳۰، ۲۳۲، ۲۳۳، ۲۳۴، ۲۳۵، ۲۳۶، ۲۳۷،
 ۲۳۸، ۲۳۹، ۲۴۰، ۲۴۱، ۲۴۲، ۲۴۳، ۲۴۴، ۲۴۵،
 ۲۴۶، ۲۴۷، ۲۴۸، ۲۴۹، ۲۵۰، ۲۵۱، ۲۵۲، ۲۵۳،
 ۲۵۶، ۲۵۷، ۲۵۸، ۲۷۰، ۲۷۲، ۲۷۶، ۲۷۷، ۲۷۹،
 ۲۸۱، ۲۸۲، ۲۸۳، ۲۸۴، ۲۸۸، ۲۹۰، ۲۹۱، ۲۹۲،

۲۹۳، ۲۹۴، ۲۹۵، ۲۹۶، ۲۹۸، ۲۹۹، ۳۰۱، ۳۰۲،
 ۳۰۴، ۳۰۵، ۳۰۶، ۳۰۷، ۳۱۰، ۳۱۱، ۳۱۴، ۳۴۴
 بال/انعطاف پذیری..... ۲۳۶، ۲۳۵، ۱۹۱، ۱۶۲،
 بال زند . ۶۳، ۵۴، ۵۳، ۴۸، ۴۶، ۴۴، ۱۷، ۱۵، ۱۴،
 ۶۴، ۷۰، ۷۱، ۷۲، ۷۳، ۷۴، ۷۵، ۷۶، ۷۸، ۷۹، ۸۰،
 ۸۵، ۸۶، ۸۹، ۹۳، ۹۹، ۱۰۰، ۱۰۲، ۱۰۳، ۱۰۵،
 ۱۱۲، ۱۱۳، ۱۱۴، ۱۱۶، ۱۲۰، ۱۲۶، ۱۳۵، ۱۳۶،
 ۱۳۷، ۱۴۱، ۱۴۴، ۱۵۰، ۱۵۱، ۱۵۲، ۱۶۰، ۱۶۲،
 ۱۶۳، ۱۶۴، ۱۶۷، ۱۶۹، ۱۷۰، ۱۷۵، ۱۷۷، ۱۷۹،
 ۱۸۱، ۱۸۳، ۱۸۴، ۱۸۵، ۱۸۶، ۱۸۸، ۱۹۰، ۱۹۱،
 ۱۹۳، ۲۰۸، ۲۰۹، ۲۱۱، ۲۱۳، ۲۱۴، ۲۱۶، ۲۱۷،
 ۲۱۹، ۲۲۰، ۲۲۱، ۲۲۲، ۲۲۳، ۲۲۴، ۲۲۵، ۲۲۶،
 ۲۲۷، ۲۲۸، ۲۲۹، ۲۳۰، ۲۳۳، ۲۳۴، ۲۳۸، ۲۳۹،
 ۲۴۰، ۲۴۱، ۲۴۲، ۲۴۳، ۲۴۴، ۲۴۵، ۲۴۶، ۲۴۸،
 ۲۴۹، ۲۵۱، ۲۵۳، ۲۹۰، ۲۹۳، ۲۹۴، ۲۹۵، ۲۹۶،
 ۲۹۸، ۲۹۹، ۳۰۲، ۳۰۴، ۳۰۶، ۳۰۷، ۳۱۰، ۳۱۱
 بال/زن ۱۱۲، ۱۱۱، ۸۶، ۴۷، ۴۶، ۲۱، ۱۵، ۱۴، ۱۲،
 ۱۱۸، ۱۲۲، ۱۳۰، ۱۳۳، ۱۳۴، ۱۵۴، ۱۶۱، ۱۶۲،
 ۱۶۴، ۱۶۷، ۱۶۸، ۱۷۰، ۱۷۴، ۱۷۵، ۱۷۶، ۱۷۷،
 ۱۷۸، ۱۷۹، ۱۸۰، ۱۸۱، ۱۸۴، ۱۸۵، ۱۸۸، ۱۹۰،
 ۱۹۱، ۱۹۴، ۲۰۳، ۲۰۴، ۲۰۸، ۲۱۳، ۲۲۵، ۲۲۶،
 ۲۲۷، ۲۲۸، ۲۳۲، ۲۴۴، ۲۴۵، ۲۴۶، ۲۴۸، ۲۴۹،
 ۲۵۰، ۲۵۱، ۲۵۲، ۲۵۳، ۲۷۲، ۲۹۲، ۲۹۹، ۳۰۷،
 ۳۰۸، ۳۰۹، ۳۱۱، ۳۱۴
 بال/ها ۶۳، ۵۴، ۵۳، ۴۷، ۴۹، ۲۰، ۱۶، ۱۴،
 ۶۴، ۶۷، ۶۹، ۷۰، ۷۵، ۷۶، ۷۷، ۷۸، ۸۰، ۸۱، ۸۲،
 ۸۳، ۸۵، ۸۶، ۸۷، ۸۹، ۹۰، ۹۱، ۹۳، ۹۴، ۹۶، ۹۷،
 ۹۹، ۱۰۰، ۱۰۴، ۱۰۵، ۱۱۲، ۱۱۳، ۱۱۶، ۱۱۷،
 ۱۱۹، ۱۲۲، ۱۲۳، ۱۲۵، ۱۲۷، ۱۲۸، ۱۳۲، ۱۳۳،

۱۳۴، ۱۳۷، ۱۴۰، ۱۴۱، ۱۴۲، ۱۴۳، ۱۴۴، ۱۵۱،
 ۱۵۷، ۱۶۲، ۱۶۴، ۱۶۹، ۱۷۷، ۱۸۱، ۱۹۳، ۲۱۳،
 ۲۱۴، ۲۱۵، ۲۱۶، ۲۱۷، ۲۱۹، ۲۲۰، ۲۲۸، ۲۳۲،
 ۲۳۴، ۲۳۵، ۲۳۷، ۲۴۸، ۲۶۸، ۲۸۴، ۲۹۱، ۳۱۱
 بدون شتاب ۳۴، ۳۵، ۳۶، ۳۸، ۱۴۸
 برآ ... ۱۴، ۱۷، ۲۱، ۲۹، ۳۱، ۳۲، ۳۳، ۳۶، ۳۷، ۳۸،
 ۴۶، ۴۸، ۶۲، ۶۶، ۷۵، ۷۶، ۷۷، ۷۸، ۸۰، ۸۳، ۸۴،
 ۸۵، ۸۶، ۸۷، ۸۸، ۹۱، ۹۲، ۹۳، ۹۴، ۹۶، ۹۷، ۱۰۱،
 ۱۰۲، ۱۰۵، ۱۱۹، ۱۲۱، ۱۲۵، ۱۲۶، ۱۲۷، ۱۲۸،
 ۱۲۹، ۱۳۰، ۱۳۳، ۱۳۷، ۱۴۳، ۱۴۸، ۱۵۲، ۱۵۹،
 ۱۶۰، ۱۶۱، ۱۶۲، ۱۶۳، ۱۶۷، ۱۶۹، ۱۷۵، ۱۷۷،
 ۱۷۸، ۱۸۸، ۱۹۳، ۱۹۴، ۱۹۷، ۱۹۸، ۲۰۸، ۲۰۹،
 ۲۱۲، ۲۱۳، ۲۲۳، ۲۲۷، ۲۳۶، ۲۴۸، ۲۵۱، ۲۵۳،
 ۲۵۹، ۲۶۰، ۲۶۱، ۲۶۲، ۲۶۳، ۲۶۴، ۲۶۵، ۲۶۶،
 ۲۶۷، ۲۶۸، ۲۶۹، ۲۷۰، ۲۷۱، ۲۷۲، ۳۰۱، ۳۱۰،
 ۳۱۱
 برخاست ۱۸۸ ۳۵، ۴۹، ۵۱، ۶۲، ۸۶، ۹۲، ۹۳، ۱۸۷،
 برکلی ۲۹۱، ۲۹۸
 برنولی ۳۰، ۸۲، ۹۱
 بیولوژیک ۱۰۱
 پیرانتل ۱۷، ۴۵، ۲۸۶، ۲۸۷، ۲۸۸
 پرندگان .. ۱، ۲، ۳، ۱۱، ۱۲، ۱۴، ۱۵، ۲۱، ۲۳، ۲۴،
 ۲۵، ۲۶، ۲۸، ۴۴، ۴۵، ۴۶، ۴۷، ۴۸، ۴۹، ۵۰، ۵۱،
 ۵۳، ۵۴، ۵۵، ۵۶، ۵۷، ۵۸، ۵۹، ۶۰، ۶۱، ۶۲، ۶۳،
 ۶۴، ۶۷، ۶۸، ۶۹، ۷۰، ۷۱، ۷۲، ۷۳، ۷۴، ۷۵، ۷۶،
 ۷۷، ۷۸، ۸۰، ۸۴، ۸۶، ۸۷، ۸۸، ۸۹، ۹۳، ۹۴، ۹۶،
 ۹۷، ۹۹، ۱۰۰، ۱۰۱، ۱۰۳، ۱۰۴، ۱۰۵، ۱۰۶،
 ۱۰۷، ۱۱۰، ۱۱۱، ۱۲۷، ۱۶۳، ۱۶۴، ۱۶۵، ۱۶۶،
 ۱۶۷، ۱۶۹، ۱۷۰، ۱۷۱، ۱۷۴، ۱۷۵، ۱۷۶، ۱۷۸،

۱۸۰، ۱۸۳، ۱۸۵، ۱۸۶، ۱۸۷، ۱۸۸، ۱۹۴، ۱۹۸،
 ۲۰۰، ۲۰۱، ۲۰۳، ۲۰۸، ۲۱۵، ۲۱۶، ۲۲۱، ۲۲۷،
 ۲۳۰، ۲۳۳، ۲۳۷، ۲۳۸، ۲۴۳، ۲۴۵، ۲۴۶، ۲۵۳،
 ۲۵۸، ۲۷۰، ۲۸۱، ۲۹۶، ۳۱۴
 پرنده‌های بال ثابت ۱۴
 پرنده‌های بدون سرنشین ۱۴، ۱۰۸، ۱۹۱، ۲۸۶
 پره‌های ۴۹، ۵۰، ۵۵، ۵۶، ۵۷، ۵۸، ۶۲، ۶۵، ۶۷،
 ۷۶، ۷۷، ۷۸، ۹۶، ۱۹۰، ۲۳۳
 پرواز، ۱، ۲، ۳، ۱۱، ۱۲، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۹، ۲۰، ۲۱،
 ۲۳، ۲۴، ۲۵، ۲۶، ۲۸، ۳۲، ۳۳، ۳۴، ۳۵، ۳۸، ۴۴،
 ۴۵، ۴۶، ۴۷، ۴۸، ۴۹، ۵۱، ۵۲، ۵۳، ۵۴، ۵۵، ۵۶،
 ۵۷، ۵۸، ۵۹، ۶۰، ۶۱، ۶۲، ۶۳، ۶۷، ۶۸، ۶۹، ۷۰،
 ۷۱، ۷۲، ۷۳، ۷۴، ۷۵، ۷۶، ۷۷، ۷۸، ۷۹، ۸۰، ۸۱،
 ۸۲، ۸۵، ۸۶، ۸۷، ۸۸، ۸۹، ۹۲، ۹۳، ۹۴، ۹۵، ۹۶،
 ۹۷، ۹۸، ۹۹، ۱۰۰، ۱۰۱، ۱۰۳، ۱۰۴، ۱۰۵، ۱۰۶،
 ۱۰۷، ۱۰۸، ۱۱۰، ۱۱۲، ۱۱۳، ۱۱۴، ۱۱۶، ۱۱۸،
 ۱۱۹، ۱۲۰، ۱۲۱، ۱۲۲، ۱۲۳، ۱۲۶، ۱۲۷، ۱۲۸،
 ۱۳۰، ۱۳۳، ۱۳۶، ۱۳۷، ۱۴۱، ۱۴۲، ۱۴۳، ۱۴۴،
 ۱۴۵، ۱۴۶، ۱۵۰، ۱۵۱، ۱۵۲، ۱۵۳، ۱۵۴، ۱۵۷،
 ۱۶۲، ۱۶۳، ۱۶۴، ۱۶۵، ۱۶۷، ۱۶۹، ۱۷۰، ۱۷۱،
 ۱۷۴، ۱۷۵، ۱۷۷، ۱۸۱، ۱۸۳، ۱۸۶، ۱۸۷، ۱۸۹،
 ۱۹۱، ۱۹۲، ۱۹۳، ۱۹۴، ۱۹۵، ۱۹۶، ۱۹۷، ۱۹۸،
 ۱۹۹، ۲۰۰، ۲۰۱، ۲۰۲، ۲۰۳، ۲۰۴، ۲۰۵، ۲۰۸،
 ۲۰۹، ۲۱۰، ۲۱۴، ۲۱۵، ۲۱۶، ۲۱۷، ۲۱۸، ۲۱۹،
 ۲۲۰، ۲۲۱، ۲۲۲، ۲۲۴، ۲۲۷، ۲۳۲، ۲۳۳، ۲۳۷،
 ۲۳۸، ۲۳۹، ۲۴۰، ۲۴۳، ۲۴۴، ۲۴۵، ۲۴۶، ۲۴۸،
 ۲۴۹، ۲۵۰، ۲۵۱، ۲۵۲، ۲۵۳، ۲۵۴، ۲۵۶، ۲۵۷،
 ۲۷۳، ۲۷۶، ۲۷۷، ۲۷۹، ۲۸۱، ۲۸۲، ۲۸۴، ۲۹۰،

۲۹۱، ۲۹۲، ۲۹۳، ۲۹۵، ۲۹۶، ۳۰۱، ۳۰۲، ۳۰۳،
۳۱۰، ۳۱۱، ۳۱۴، ۳۴۱، ۳۴۴

پرواز ایستا ۱۳۶، ۱۰۷، ۱۰۱، ۹۳، ۸۶، ۸۱، ۸۰
۱۳۷

پسا .. ۸۸، ۸۷، ۸۵، ۷۷، ۶۳، ۴۸، ۳۳، ۳۲، ۳۱، ۲۹،
۱۲۹، ۱۰۵، ۱۰۲، ۱۰۱، ۹۹، ۹۸، ۹۳، ۹۲، ۸۹،
۲۵۱، ۲۱۲، ۲۰۹، ۱۶۲، ۱۶۱، ۱۴۸، ۱۴۷، ۱۳۰،
۲۶۵، ۲۶۴، ۲۶۳، ۲۶۲، ۲۶۱، ۲۶۰، ۲۵۹، ۲۵۳،
۲۷۲، ۲۷۱، ۲۷۰، ۲۶۹، ۲۶۸، ۲۶۷، ۲۶۶

پسای اصطکاکی ۸۸
پسای القایی ۲۶۲، ۱۵۹، ۹۲، ۹۱، ۹۰، ۸۸، ۸۵
۲۷۱، ۲۷۲

پلن فرم ۲۶۲، ۲۶۱، ۲۶۰، ۲۵۹، ۲۵۸، ۲۵۷، ۲۵۶،
۲۷۰، ۲۶۹، ۲۶۸، ۲۶۷، ۲۶۶، ۲۶۵، ۲۶۴، ۲۶۳،
۲۷۲

پهپاد با بال انعطاف پذیر ۲۲
پیچش آئرو دینامیکی ۵۱، ۴۹
پیچش هندسی ۶۴، ۴۹

پیشرانش ۳۲، ۳۰، ۲۹، ۲۸، ۲۱، ۱۱، ۳، ۲، ۱،
۲۲۷، ۲۰۸، ۱۷۶، ۱۷۰، ۱۶۲

پیشرانه ۱۰۱، ۸۷، ۸۶، ۸۱، ۷۸، ۷۷، ۷۶، ۷۵، ۵۴،
۱۷۸، ۱۰۷

تراست . ۱۷۹، ۱۷۴، ۱۶۴، ۱۶۳، ۶۵، ۶۴، ۴۷، ۲۸،
۳۱۰، ۲۵۱، ۱۹۳، ۱۸۷، ۱۸۰

تکانه‌ی چرخش ۱۵۰
تنش برشی ۱۵۷، ۱۴۸

توان ... ۱۰۱، ۱۰۰، ۹۹، ۹۴، ۹۳، ۹۲، ۵۵، ۳۷، ۳۰،
۱۸۶، ۱۸۳، ۱۷۶، ۱۷۴، ۱۱۸، ۱۰۶، ۱۰۳، ۱۰۲

۱۸۷، ۱۸۸، ۲۰۸، ۲۱۱، ۲۷۷، ۲۷۸، ۲۷۹، ۲۸۰،
۳۱۴، ۲۸۵، ۲۸۴، ۲۸۲، ۲۸۱

توربین ۲۲۵، ۱۵۴، ۱۴
تئوری بال ثابت ۴۸

تئوری مونتوم ۲۱۳، ۲۱۲، ۲۰۹
جرم اضافه ۱۳۵، ۱۳۴

جریان آرام ۱۹۹، ۱۹۸، ۱۸۱، ۱۶۲، ۱۵۵، ۸۹
جریان متلاطم ۲۰۰، ۱۹۸، ۱۸۱

جریان‌های پایا ۲۲۵، ۱۴۸، ۱۴
جریان‌های تراکم پذیر ۱۸

جریان‌های تراکم ناپذیر ۱۸
جنبشی ... ۲۳۲، ۲۲۲، ۲۱۶، ۹۹، ۸۹، ۸۷، ۸۱، ۷۹

۳۰۱، ۲۹۹، ۲۹۸، ۲۹۵، ۲۹۲، ۲۹۱، ۲۸۳، ۲۳۴،
چالش ... ۲۹۳، ۲۹۰، ۲۳۲، ۲۱۵، ۱۹۶، ۱۱۶، ۱۱۳،
۲۹۶، ۲۹۷، ۳۰۳

چرخش ... ۸۳، ۷۹، ۷۸، ۷۷، ۷۶، ۷۱، ۴۶، ۳۸، ۱۸،
۱۳۲، ۱۲۹، ۱۲۶، ۱۲۵، ۱۲۳، ۹۷، ۹۲، ۸۵، ۸۴،
۱۴۳، ۱۳۹، ۱۳۸، ۱۳۷، ۱۳۶، ۱۳۵، ۱۳۴، ۱۳۳،
۱۸۸، ۱۸۲، ۱۵۰، ۱۴۹، ۱۴۸، ۱۴۷، ۱۴۶، ۱۴۴،
۲۳۵، ۲۲۴، ۲۲۳، ۲۲۱، ۲۱۶، ۲۰۲، ۱۹۷، ۱۹۴،
۳۴۱، ۳۰۵، ۳۰۱، ۲۹۸، ۲۴۳، ۲۴۱، ۲۴۰، ۲۳۸

چگالی ... ۱۵۰، ۱۴۸، ۱۴۶، ۸۹، ۸۷، ۸۲، ۴۱، ۳۲،
۳۰۶، ۳۰۱، ۲۳۷، ۲۲۷

حرکت انتقالی ۱۳۸، ۱۳۷، ۱۳۴، ۱۳۳، ۱۳۰، ۱۲۲،
۱۹۳، ۱۴۱، ۱۳۹

حرکت خطی ۳۰۲، ۱۴۴
حرکت مستقیم الخط ۳۶، ۳۵

حشرات ... ۵۷، ۴۸، ۴۵، ۲۸، ۱۵، ۱۲، ۱۱، ۳، ۲، ۱،
۱۱۵، ۱۱۴، ۱۱۳، ۱۱۲، ۱۱۱، ۱۱۰، ۱۰۶، ۵۹

۱۱۶، ۱۱۷، ۱۱۸، ۱۱۹، ۱۲۱، ۱۲۲، ۱۲۳، ۱۲۵،
 ۱۲۶، ۱۲۷، ۱۲۸، ۱۳۰، ۱۳۳، ۱۳۶، ۱۳۷، ۱۳۸،
 ۱۴۰، ۱۴۳، ۱۴۴، ۱۴۵، ۱۵۰، ۱۵۲، ۱۵۳، ۱۶۱،
 ۱۶۴، ۱۶۵، ۱۶۶، ۱۶۷، ۱۷۴، ۱۷۵، ۱۷۶، ۱۸۳،
 ۱۸۵، ۱۸۷، ۱۹۱، ۱۹۲، ۱۹۳، ۱۹۴، ۱۹۷، ۲۰۱،
 ۲۰۳، ۲۰۵، ۲۰۸، ۲۰۹، ۲۱۴، ۲۱۵، ۲۱۶، ۲۱۷،
 ۲۱۹، ۲۲۰، ۲۲۱، ۲۲۲، ۲۲۳، ۲۲۴، ۲۲۵، ۲۳۰،
 ۲۳۲، ۲۳۳، ۲۳۶، ۲۳۷، ۲۳۹، ۲۴۵، ۲۴۶، ۲۵۳،
 ۲۸۱، ۲۹۱، ۲۹۲، ۲۹۴، ۲۹۵، ۳۰۱، ۳۰۲، ۳۰۳،
 ۳۰۵
 خفاش ۴۷، ۶۳، ۱۶۴، ۱۶۵، ۲۰۱، ۲۳۸، ۲۹۱
 خمش ۷۷، ۱۵۰، ۲۲۸، ۲۴۰
 دانشگاه ۱، ۲۰، ۵۳، ۱۷۴، ۱۷۶، ۱۷۷، ۲۲۹، ۲۳۰،
 ۲۳۸، ۲۴۴، ۲۴۵، ۲۴۸، ۲۴۹، ۲۵۰، ۲۵۳، ۲۵۸،
 ۲۸۶، ۲۸۷، ۲۹۱، ۲۹۲، ۲۹۳، ۲۹۶، ۲۹۸، ۲۹۹،
 ۳۰۳
 داونیچی ۱۵، ۱۶
 دایناسورها ۵۵، ۵۸
 درجه آزادی ۴۵، ۲۲۷، ۲۵۱، ۲۵۲، ۲۵۳، ۲۹۲،
 ۳۰۱، ۳۰۲، ۳۰۳، ۳۰۴، ۳۰۵، ۳۰۶
 درگ ۶۴، ۱۵۷، ۱۶۳، ۱۶۴، ۱۷۹، ۱۸۱، ۱۸۶،
 ۱۹۷، ۲۴۹، ۲۷۹، ۲۸۰، ۲۸۱
 درون سوز ۱۷
 دستگاه مختصات ۳۸، ۱۴۹، ۲۱۲، ۲۱۳
 دلتا ۱۳۱، ۲۲۳، ۲۵۸، ۲۵۹، ۲۶۴، ۲۶۵، ۲۶۶، ۲۶۷
 دم ۳۰، ۴۶، ۴۷، ۵۳، ۵۵، ۵۶، ۵۸، ۸۴، ۲۴۶،
 ۲۴۹، ۲۷۶، ۳۰۱
 دیکینسون ۱۲۴، ۱۳۲، ۱۳۳، ۱۳۴، ۱۳۵، ۱۳۶،
 ۲۲۱، ۲۲۳

دینامیک سیالات ۱۱۷، ۱۵۱، ۲۰۴، ۲۰۸، ۲۴۵
 راندمان آترو دینامیکی ۲۹۰
 ریات ۱۱۲، ۱۹۰، ۱۹۱، ۲۰۵، ۲۹۱
 روتور ۱۸، ۲۰۳، ۲۱۳، ۲۱۴، ۲۳۷
 روش های عددی ۱۵، ۱۱۹، ۱۲۰، ۱۸۱، ۲۲۶
 رول ۱۹۰
 ریز پرنده ۱۱، ۱۱۱، ۱۷۴، ۱۹۴، ۱۹۵، ۲۳۲، ۲۴۶،
 ۲۴۸، ۲۵۰، ۲۵۱، ۲۷۲، ۲۷۶، ۲۹۰، ۲۹۱، ۲۹۲،
 ۲۹۳، ۲۹۴، ۲۹۶، ۲۹۸، ۳۰۱، ۳۰۲، ۳۰۳، ۳۰۴،
 ۳۰۵، ۳۰۶، ۳۰۷، ۳۱۴
 ریشک های ۵۶
 رینولدز ۳۲، ۸۸، ۸۹، ۱۱۱، ۱۱۴، ۱۱۸، ۱۲۱، ۱۲۳،
 ۱۲۴، ۱۲۵، ۱۳۰، ۱۳۲، ۱۴۵، ۱۴۶، ۱۴۸، ۱۵۰،
 ۱۵۱، ۱۵۳، ۱۵۴، ۱۵۵، ۱۵۷، ۱۶۱، ۱۶۲، ۱۶۳،
 ۱۶۹، ۱۷۴، ۱۷۵، ۱۸۱، ۱۹۳، ۱۹۷، ۱۹۹، ۲۲۳،
 ۲۲۴، ۲۳۴، ۲۷۹، ۲۸۱، ۲۸۲، ۲۹۰، ۳۱۴
 زاویه حمله ۱۷، ۱۸، ۳۱، ۳۲، ۳۵، ۳۶، ۶۳، ۶۴،
 ۸۰، ۸۴، ۸۶، ۸۸، ۱۱۳، ۱۳۸، ۱۴۳، ۱۴۵، ۱۵۰،
 ۱۵۱، ۱۸۹، ۱۹۰، ۱۹۳، ۲۰۳، ۲۰۹، ۲۱۲، ۲۲۰،
 ۲۲۲، ۲۲۷، ۲۵۱، ۲۶۲، ۲۶۳، ۲۶۴، ۲۶۵، ۲۶۶،
 ۲۶۷، ۲۶۹، ۲۷۱، ۲۷۹، ۲۹۴
 زاویه دایه درال ۱۸۹
 زاویه ی حمله ۱۲۹، ۱۳۷، ۱۴۲، ۲۱۲، ۲۳۸
 زمان ۱۴، ۱۷، ۲۵، ۳۰، ۳۴، ۳۸، ۳۹، ۴۰، ۴۱، ۴۹،
 ۵۵، ۷۰، ۷۶، ۷۸، ۸۶، ۹۲، ۹۳، ۹۷، ۹۸، ۹۹، ۱۰۰،
 ۱۱۳، ۱۱۸، ۱۱۹، ۱۲۲، ۱۲۳، ۱۲۶، ۱۲۷، ۱۳۰،
 ۱۳۱، ۱۳۲، ۱۳۳، ۱۳۵، ۱۳۶، ۱۴۳، ۱۴۴، ۱۴۵،
 ۱۴۸، ۱۵۲، ۱۷۰، ۱۹۳، ۱۹۴، ۲۱۵، ۲۱۷، ۲۲۰،

۲۲۱، ۲۲۴، ۲۲۵، ۲۲۷، ۲۲۹، ۲۳۳، ۲۳۶، ۲۴۳،	سینماتیک ۲۲۷، ۲۱۹، ۲۱۷، ۲۱۶، ۱۳۹، ۱۳۸،
۲۵۴، ۲۷۶، ۲۷۸، ۲۸۴، ۲۸۷، ۲۹۳، ۲۹۷، ۳۱۱	۳۰۱، ۳۰۰، ۲۴۴، ۲۴۱،
زنبور ۱۱۹، ۱۲۵، ۱۴۰، ۱۴۱، ۱۶۵، ۲۰۵، ۲۳۰،	شاه‌پرہا ۵۶، ۵۷
۲۵۱، ۲۵۲، ۲۹۵، ۳۴۲، ۳۴۳	شاه‌پرہای ۵۶، ۵۷، ۶۹
زیست‌شناسی ۵۸	شبکه گردآبه‌ای ۱۸، ۲۳
زیستی ۱۵۰، ۱۵۸، ۲۱۵، ۲۹۲، ۲۹۶	شبه پایا .. ۱۵، ۱۲۲، ۱۲۵، ۱۳۱، ۱۳۵، ۱۴۴، ۱۹۳،
سرخوردن ۵۴، ۸۱، ۸۲، ۹۱، ۹۴، ۹۵، ۹۶، ۹۷، ۹۸، ۹۹	۱۹۴
۹۹، ۱۰۰، ۱۵۴، ۲۱۵، ۲۳۸	شبیه‌سازی .. ۳، ۱۲، ۱۱۲، ۱۱۴، ۱۱۶، ۱۲۰، ۱۲۳،
سرعت ۱۵، ۱۸، ۲۸، ۳۰، ۳۲، ۳۳، ۳۴، ۳۵، ۳۸،	۲۱۶، ۲۱۴، ۲۰۹، ۲۰۸، ۱۵۵، ۱۵۴، ۱۴۶، ۱۳۲،
۳۹، ۴۵، ۴۶، ۵۱، ۵۴، ۵۶، ۶۰، ۶۷، ۶۸، ۶۹، ۷۰،	۲۴۹، ۲۴۸، ۲۴۶، ۲۴۵، ۲۳۳، ۲۲۶، ۲۱۷،
۷۲، ۷۸، ۷۹، ۸۰، ۸۲، ۸۳، ۸۴، ۸۵، ۸۶، ۸۷، ۸۹،	۳۱۴، ۲۹۵، ۲۹۴، ۲۹۱،
۹۰، ۹۱، ۹۲، ۹۳، ۹۴، ۹۵، ۹۶، ۹۸، ۹۹، ۱۰۰،	شتاب ۲۸، ۳۴، ۳۶، ۳۷، ۳۹، ۴۰، ۴۵، ۹۰، ۹۹،
۱۰۱، ۱۰۲، ۱۰۵، ۱۰۶، ۱۰۸، ۱۱۳، ۱۱۴، ۱۱۵،	۲۱۸، ۲۱۵، ۲۱۳، ۱۸۶، ۱۳۹، ۱۳۸، ۱۳۶، ۱۳۴،
۱۱۷، ۱۱۸، ۱۱۹، ۱۲۲، ۱۲۳، ۱۲۶، ۱۳۳، ۱۳۵،	۲۳۵، ۲۲۲، ۲۲۰،
۱۳۹، ۱۴۰، ۱۴۲، ۱۴۴، ۱۴۵، ۱۴۶، ۱۴۷، ۱۴۸،	شتر مرغ ۵۶، ۵۸، ۶۰، ۶۷
۱۴۹، ۱۵۰، ۱۵۵، ۱۵۷، ۱۵۸، ۱۵۹، ۱۶۲، ۱۶۳،	شرط کاتا ۱۲۳، ۱۲۸، ۱۲۹، ۱۳۰، ۱۳۳، ۱۳۴،
۱۶۴، ۱۸۰، ۱۸۱، ۱۸۲، ۱۸۳، ۱۸۴، ۱۸۵، ۱۸۶،	۱۴۸، ۱۴۷،
۱۸۸، ۱۸۹، ۱۹۳، ۱۹۶، ۱۹۷، ۱۹۹، ۲۰۱، ۲۰۳،	شرط کوتا ۱۹
۲۰۴، ۲۰۹، ۲۱۲، ۲۱۳، ۲۱۷، ۲۱۸، ۲۲۲، ۲۲۶،	شکل هندسی ۳۲، ۱۱۰، ۲۳۴، ۲۵۸، ۲۷۰
۲۲۷، ۲۲۸، ۲۲۹، ۲۳۳، ۲۳۵، ۲۳۶، ۲۴۸، ۲۵۲،	شیوه بال‌زنی ۱۴۰
۲۵۷، ۲۷۹، ۳۰۶، ۳۱۴	صفحه کورس .. ۲۱۷، ۲۱۹، ۲۳۹، ۲۴۰، ۲۴۳، ۳۰۵
سلول‌های خورشیدی ۲۷۶، ۲۸۰، ۲۸۳، ۲۸۴،	صلب ۴۶، ۱۱۴، ۱۵۳، ۱۵۹، ۱۶۰، ۱۶۲، ۲۳۵،
۲۸۶، ۳۱۴	۳۰۰، ۲۹۷، ۲۹۶، ۲۹۴، ۲۴۸، ۲۳۷، ۲۳۶،
سنجاقک ۱۱۰، ۱۱۱، ۱۱۹، ۱۵۰، ۱۵۱، ۱۵۲،	۳۰۳
۱۵۳، ۱۵۴، ۱۵۵، ۱۵۷، ۱۵۸، ۱۹۲، ۲۳۳، ۲۳۴،	ضخامت ۲۲، ۵۱، ۱۵۵، ۱۶۲، ۱۶۳، ۲۰۱، ۲۱۳،
۲۳۵، ۲۳۸، ۲۳۹، ۲۵۰، ۲۵۱، ۳۱۱، ۳۱۴	۲۸۱، ۲۳۷،
سه‌بعدی ... ۱۷، ۱۹، ۱۱۳، ۱۱۶، ۱۲۰، ۱۲۱، ۱۳۰،	طبقه‌بندی . ۵۸، ۶۸، ۲۹۰، ۲۹۳، ۲۹۴، ۲۹۷، ۳۰۱،
۱۳۱، ۱۳۲، ۱۳۵، ۱۴۴، ۱۹۳، ۲۰۱، ۲۲۶، ۲۲۷،	۳۰۲، ۳۰۳، ۳۰۷
۲۳۰، ۲۳۲، ۲۳۵، ۳۰۱	

طبیعت ۱۲, ۱۴, ۴۵, ۴۶, ۴۷, ۴۸, ۱۰۷, ۱۰۸, ۱۱۲, ۱۳۲, ۱۴۹, ۱۶۲, ۱۷۸, ۲۰۳, ۲۰۴, ۲۱۴, ۲۱۵, ۲۲۴, ۲۵۸, ۲۷۰, ۲۹۱, ۳۱۴

طراحی. ۱۲, ۱۴, ۱۶, ۱۸, ۲۴, ۲۵, ۳۰, ۵۰, ۱۱۱, ۱۳۶, ۱۶۲, ۱۶۳, ۱۷۱, ۱۷۴, ۱۷۶, ۱۸۴, ۱۸۷, ۱۸۸, ۱۹۱, ۱۹۲, ۱۹۴, ۱۹۶, ۱۹۷, ۲۰۴, ۲۰۵, ۲۰۸, ۲۰۹, ۲۱۴, ۲۱۶, ۲۲۵, ۲۲۸, ۲۳۰, ۲۳۲, ۲۳۳, ۲۳۴, ۲۳۶, ۲۳۷, ۲۳۸, ۲۳۹, ۲۴۰, ۲۴۱, ۲۴۴, ۲۴۶, ۲۴۸, ۲۴۹, ۲۵۰, ۲۵۱, ۲۵۳, ۲۵۴, ۲۵۶, ۲۵۸, ۲۷۳, ۲۷۶, ۲۷۷, ۲۷۹, ۲۸۰, ۲۸۳, ۲۸۵, ۲۸۶, ۲۸۸, ۲۹۰, ۲۹۱, ۲۹۲, ۲۹۳, ۲۹۵, ۲۹۶, ۲۹۷, ۲۹۹, ۳۰۰, ۳۰۲, ۳۰۴, ۳۰۵, ۳۰۶, ۳۱۴

عدد رینولتز ۴۶, ۱۶۳

عدد رینولتز ۸۹, ۱۱۴, ۱۲۳, ۱۳۱, ۱۳۲, ۱۴۶, ۱۵۱, ۱۵۳, ۱۵۴, ۱۸۱

عضلات پروازی ۴۶, ۵۲

عملکرد ۱۴, ۵۷, ۶۲, ۱۱۲, ۱۲۴, ۱۲۷, ۱۳۳, ۱۴۳, ۱۴۴, ۱۵۰, ۱۵۱, ۱۵۲, ۱۶۲, ۱۶۳, ۱۶۹, ۱۷۵, ۱۷۶, ۱۷۸, ۱۸۳, ۱۸۷, ۱۹۲, ۱۹۹, ۲۰۳, ۲۱۶, ۲۱۷, ۲۲۲, ۲۲۴, ۲۲۵, ۲۳۲, ۲۳۴, ۲۳۵, ۲۵۱, ۲۵۶, ۲۵۹, ۲۷۶, ۲۸۲, ۲۸۵, ۲۸۶, ۲۹۰, ۲۹۶, ۳۰۲, ۳۰۳, ۳۰۵, ۳۱۰, ۳۱۱

غیر خطی ۱۸۱, ۲۳۳, ۲۳۴, ۲۳۵, ۲۳۶, ۲۸۴, ۲۹۲, ۲۹۳, ۲۹۷, ۳۰۴

فتوولتائیک ۲۷۶

فرا حمله ۱۱۹, ۱۲۳, ۱۲۵, ۱۲۷, ۱۳۸, ۱۳۹, ۱۴۱, ۱۴۳, ۱۴۴, ۱۸۲

فرکانس بال زدن ۱۳۷, ۱۹۱, ۲۲۷

فرو حمله ۱۱۹, ۱۲۵, ۱۲۶, ۱۲۷, ۱۴۰, ۱۴۳, ۱۴۴, ۱۸۲

فرو ورزش ۸۵

فروود. ۳۵, ۴۸, ۴۹, ۵۱, ۵۳, ۶۱, ۶۶, ۷۲, ۷۳, ۷۸, ۷۹, ۹۲, ۱۰۱, ۱۴۳, ۲۰۸, ۲۰۹, ۲۱۴, ۲۱۵, ۲۳۲, ۲۳۵, ۲۳۶

فرووزش ۱۸۸, ۱۸۹

فیزیکدان ۱۴۵

قانون دوم نیوتن ۳۴

کبوتر ۴۵, ۵۱, ۵۶, ۵۷, ۷۸, ۷۹, ۹۱, ۱۰۳, ۳۴۱

گردابه ۱۵, ۲۲, ۲۳, ۸۴, ۹۱, ۱۲۳, ۱۲۵, ۱۲۸, ۱۲۹, ۱۳۰, ۱۳۱, ۱۳۳, ۱۳۵, ۱۴۹, ۱۵۲, ۱۵۷, ۱۸۲, ۱۸۳, ۲۰۴, ۲۲۰, ۲۲۱, ۲۲۲, ۲۲۳, ۲۲۴, ۲۲۶, ۲۲۷, ۲۴۶, ۳۱۰, ۳۱۱, ۳۴۲, ۳۴۴

گشتاور ۳۱, ۳۲, ۱۹۸, ۲۱۲, ۲۳۶, ۲۷۹, ۳۰۳

گالایدر .. ۱۱, ۱۶, ۲۵, ۴۵, ۱۵۱, ۱۵۲, ۱۶۳, ۱۶۴, ۱۹۹, ۲۰۱, ۲۵۴, ۳۴۲

لاپلاس ۲۲, ۲۳

لاکهد مارتن ۲۰۵

لایه نازک ۸۳

لبه حمله ۳۰, ۳۱, ۴۹, ۶۵, ۶۶, ۷۷, ۷۹, ۸۶, ۱۱۱, ۱۲۸, ۱۳۵, ۱۵۱, ۱۵۲, ۱۸۲, ۱۹۸, ۲۲۲, ۲۶۳, ۲۷۲, ۲۹۰, ۳۴۲, ۳۴۳

لبه‌ی حمله ۱۲۴, ۱۲۸, ۱۲۹, ۱۳۰, ۱۳۱, ۱۳۲, ۱۳۳, ۱۴۲, ۲۲۳, ۲۲۴

لرجت ... ۳۲, ۸۲, ۸۳, ۸۵, ۱۱۸, ۱۱۹, ۱۲۳, ۱۳۲, ۱۳۳, ۱۴۶, ۱۴۷, ۱۴۸

لرجت دینامیکی ۱۴۶

لورنس ۱۷

لیفت، ۱۵۰، ۱۳۷، ۱۲۳، ۶۵، ۶۴، ۶۳، ۵۱، ۴۸، ۴۷،
 ۱۸۲، ۱۸۰، ۱۷۹، ۱۷۸، ۱۶۴، ۱۶۳، ۱۵۲، ۱۵۱،
 ۲۰۱، ۱۹۷، ۱۹۰، ۱۸۹، ۱۸۸، ۱۸۷، ۱۸۶، ۱۸۳،
 ۲۸۱، ۲۷۹، ۲۴۹
 ماتریس .. ۳۰۲، ۳۰۱، ۳۰۰، ۲۹۹، ۲۹۸، ۲۹۷، ۲۳،
 ۳۰۵
 ماخ ۲۴۵، ۱۷۴، ۱۵۳، ۱۱۸، ۱۱۴، ۴۵،
 مانور ۷۲، ۶۸، ۶۷، ۵۳، ۴۷، ۴۵، ۳۵، ۱۴، ۱۱،
 ۱۶۲، ۱۵۷، ۱۵۳، ۱۴۳، ۱۳۷، ۱۳۳، ۱۱۴، ۱۰۷،
 ۲۱۵، ۲۱۴، ۱۹۱، ۱۸۸، ۱۸۷، ۱۷۵، ۱۶۹، ۱۶۵،
 ۳۰۶، ۳۰۱، ۲۹۰، ۲۵۴، ۲۵۱، ۲۳۳، ۲۳۲، ۲۱۹،
 مدار الکترونیکی ۲۸۲
 مدل سازی ۱۴۴، ۱۳۵، ۱۲۳، ۱۲۲، ۱۲۰، ۱۹، ۱۸،
 ۲۲۶، ۲۱۲، ۲۱۰، ۱۷۴، ۱۵۴، ۱۵۳، ۱۴۹، ۱۴۵،
 ۳۱۴، ۲۸۷، ۲۲۸
 مرغ مگس خوار . ۲۳۴، ۲۳۳، ۲۱۶، ۱۰۷، ۶۰، ۵۹،
 ۳۰۵، ۳۰۴، ۲۹۳، ۲۹۱، ۲۳۹، ۲۳۸
 مرکز ثقل ۲۹۲، ۲۳۹، ۲۰۳، ۴۶، ۲۸،
 مرکز فشار ۳۱، ۳۰
 مساحت بال ۱۱۵، ۱۱۴، ۸۸، ۸۷، ۶۸، ۳۸، ۳۳،
 ۲۷۹، ۱۸۶
 مفاهیم پایه ای ۲۳
 مفصل ۳۰۶، ۳۰۱، ۲۹۸، ۲۴۲، ۲۴۱، ۲۴۰، ۶۷،
 مقطع بال ۱۵۱، ۱۴۲، ۱۱۰، ۶۲، ۴۹، ۱۸، ۱۷،
 ۲۲۹، ۲۲۸، ۱۶۱، ۱۵۴، ۱۵۳
 مکانیسم ۹۸، ۸۶، ۶۳، ۴۸، ۴۵، ۴۴، ۱۴، ۱۲،
 ۱۹۱، ۱۸۲، ۱۸۱، ۱۷۸، ۱۷۶، ۱۵۹، ۱۵۲، ۱۵۰،
 ۲۳۷، ۲۳۲، ۲۲۸، ۲۲۷، ۲۲۴، ۲۲۱، ۲۰۳، ۱۹۳،
 ۲۹۱، ۲۹۰، ۲۵۲، ۲۴۶، ۲۴۳، ۲۴۱، ۲۴۰، ۲۳۸،

۲۹۹، ۲۹۸، ۲۹۷، ۲۹۶، ۲۹۵، ۲۹۴، ۲۹۳، ۲۹۲،
 ۳۰۷، ۳۰۶، ۳۰۵، ۳۰۴، ۳۰۳، ۳۰۲، ۳۰۱، ۳۰۰،
 ۳۱۰
 مکانیک ۱۴۴، ۹۹، ۸۷، ۳۹، ۳۸، ۲۸، ۲، ۱،
 ۲۳۳، ۲۲۳، ۲۰۱، ۱۹۱، ۱۸۷، ۱۸۶، ۱۷۴، ۱۶۳،
 ۲۹۱، ۲۸۸، ۲۸۷
 ملخ ۱۶۷، ۱۶۴، ۱۵۰، ۱۱۸، ۷۹، ۷۶، ۴۶، ۲۸،
 ۳۴۳، ۲۰۴، ۲۰۲، ۱۹۹، ۱۹۷، ۱۹۲
 ممان ۲۱۲، ۱۹۰
 موتور ۱۷۵، ۱۶۶، ۳۵، ۳۰، ۲۸، ۲۱، ۲۰، ۱۹، ۱۲،
 ۲۱۶، ۲۲۳، ۲۱۶، ۲۰۴، ۲۰۳، ۲۰۰، ۱۹۶، ۱۹۱، ۱۷۸،
 ۳۰۴، ۳۰۳، ۲۸۵، ۲۸۲، ۲۸۱، ۲۸۰، ۲۷۹، ۲۷۷،
 ۳۰۶
 موتورهای ملخی ۱۷۵، ۱۶۷
 میکرو پرنده ها .. ۲۳۷، ۲۳۶، ۲۳۴، ۲۳۳، ۲۳۲، ۲۱۴،
 میل لنگ، ۲۹۶، ۲۴۳، ۲۴۲، ۲۴۱، ۲۴۰، ۲۳۸، ۲۰۴،
 ۳۰۵، ۳۰۴، ۳۰۳
 ناپایداری ۲۲۰، ۱۹۳، ۱۸۵، ۱۷۴، ۱۵۳، ۱۱۴، ۵۳،
 ۲۵۲، ۲۴۹، ۲۴۸، ۲۴۷، ۲۴۶، ۲۴۵، ۲۳۶، ۲۳۲،
 ۲۹۶
 ناوبری ۲۴۴، ۲۱۴
 نسبت منظری ۱۴۲، ۱۰۵، ۱۰۴، ۹۶، ۶۸، ۱۷،
 ۲۵۹، ۲۵۸، ۲۵۷، ۱۸۳، ۱۶۶، ۱۶۵، ۱۴۵، ۱۴۴،
 ۲۶۹، ۲۶۸، ۲۶۶، ۲۶۵، ۲۶۴، ۲۶۳، ۲۶۲، ۲۶۰،
 ۳۴۱، ۲۷۹، ۲۷۰
 نشستن ۱۵۳، ۱۱۴، ۸۰، ۷۲، ۳۵،
 نظریه ۹۰، ۸۹، ۸۸، ۸۶، ۸۴، ۶۲، ۶۱، ۳۹، ۱۵،
 ۲۸۸، ۲۸۷، ۲۲۶، ۲۲۵، ۱۹۳، ۱۸۱، ۱۴۷، ۱۴۵،
 نقطه ی سکون ۱۴۷، ۱۳۳، ۱۲۳،

نیرو برآ ۱۷، ۱۶۹، ۲۹۰، ۲۹۴

نیروهای آترو دینامیکی. ۱۵، ۳۲، ۴۶، ۴۷، ۶۲، ۷۰،

۷۸، ۸۱، ۸۲، ۸۵، ۹۰، ۱۱۳، ۱۱۴، ۱۱۶، ۱۲۰،

۱۲۲، ۱۲۴، ۱۲۷، ۱۴۶، ۱۵۰، ۱۶۱، ۱۷۶، ۱۸۶،

۱۸۷، ۱۹۲، ۲۰۸، ۲۰۹، ۲۲۵، ۲۲۶، ۲۲۷، ۲۲۹،

۲۴۸

نیروی لیفت ۲۹، ۶۴، ۱۶۳، ۱۶۴، ۱۷۴، ۱۷۹،

۱۸۱، ۲۰۲، ۲۵۶، ۲۷۹، ۲۸۱، ۲۸۲، ۳۱۰

نیمه تحلیلی ۱۸

هاروارد ۲۳۰، ۲۹۱، ۲۹۲

هدایت ۲۸، ۵۸، ۱۰۸، ۱۹۳، ۱۹۷، ۲۰۳، ۲۱۴،

۲۱۷، ۲۲۴، ۲۳۳، ۲۳۷، ۲۳۸، ۲۴۳، ۲۷۳، ۲۹۲،

۳۱۰

هرتزر ۸۰، ۸۶، ۹۹، ۱۱۶، ۱۹۱، ۱۹۲، ۲۱۷

هلی کوپتر ۲۴، ۲۲۵، ۲۳۸

هوا .. ۱۱، ۱۵، ۲۵، ۲۹، ۳۰، ۳۲، ۳۴، ۴۶، ۵۲، ۵۷،

۵۸، ۶۰، ۶۱، ۶۲، ۶۵، ۶۹، ۷۱، ۷۴، ۷۵، ۷۷، ۸۰،

۸۱، ۸۲، ۸۳، ۸۷، ۸۸، ۹۰، ۹۱، ۹۳، ۹۴، ۹۵، ۹۶،

۹۸، ۱۰۶، ۱۲۸، ۱۵۷، ۱۶۲، ۱۶۳، ۱۶۹، ۱۷۱،

۱۷۴، ۱۷۷، ۱۷۹، ۱۸۰، ۱۸۱، ۱۹۳، ۱۹۶، ۱۹۷،

۱۹۸، ۲۰۲، ۲۰۴، ۲۱۵، ۲۲۳، ۲۲۶، ۲۲۷، ۲۲۹،

۲۳۲، ۲۳۶، ۲۵۳، ۲۷۹، ۲۹۱

هواپیما ۲۲، ۲۸، ۳۰، ۳۲، ۳۳، ۳۴، ۳۵، ۳۶، ۳۷،

۳۸، ۴۶، ۴۸، ۴۹، ۵۱، ۶۲، ۶۶، ۸۲، ۸۴، ۹۴، ۱۱۸،

۱۶۲، ۱۷۱، ۱۸۷، ۱۹۷، ۱۹۹، ۲۰۱، ۲۱۴، ۲۳۸،

۲۵۶، ۲۵۷، ۲۵۸، ۲۵۹، ۲۷۶، ۲۷۷، ۲۷۹، ۲۸۰،

۲۸۳، ۲۸۴، ۲۹۱، ۳۱۴، ۳۴۳

هوافضا ۲۸

واگنر ۱۲۳، ۱۲۴، ۱۲۵، ۱۲۶، ۱۲۷، ۲۲۰، ۲۲۱،

۳۴۵

وتر ... ۱۸، ۳۱، ۶۶، ۶۸، ۸۸، ۸۹، ۱۲۳، ۱۲۵، ۱۲۸،

۱۲۹، ۱۳۱، ۱۴۲، ۱۴۳، ۱۴۴، ۱۴۵، ۱۴۸، ۱۵۰،

۱۵۱، ۱۵۲، ۱۵۵، ۱۶۳، ۱۸۰، ۱۸۱، ۱۸۲، ۱۹۰،

۱۹۷، ۲۱۸، ۲۲۸، ۲۴۳، ۲۵۹، ۲۷۰، ۲۷۲، ۲۷۹

ورنگس ۱۳۵، ۱۶۲، ۱۸۲، ۱۸۳، ۱۸۶

وزن. ۱۴، ۲۸، ۲۹، ۳۰، ۳۲، ۳۶، ۳۷، ۳۸، ۴۹، ۵۲،

۵۳، ۶۰، ۶۸، ۶۹، ۷۰، ۷۸، ۸۷، ۹۲، ۹۳، ۹۴، ۹۶،

۱۰۰، ۱۰۱، ۱۰۲، ۱۰۳، ۱۰۶، ۱۱۴، ۱۱۵، ۱۱۹،

۱۳۷، ۱۴۳، ۱۶۳، ۱۶۴، ۱۶۵، ۱۶۶، ۱۷۴، ۱۷۹،

۱۸۰، ۱۸۳، ۱۸۴، ۱۸۶، ۱۸۷، ۱۸۸، ۱۹۰، ۱۹۵،

۱۹۶، ۱۹۷، ۱۹۸، ۱۹۹، ۲۰۰، ۲۰۱، ۲۰۲، ۲۰۳،

۲۰۴، ۲۰۸، ۲۱۵، ۲۱۷، ۲۲۰، ۲۲۴، ۲۳۰، ۲۳۶،

۲۳۹، ۲۵۴، ۲۵۸، ۲۷۷، ۲۷۹، ۲۸۱، ۲۸۲، ۲۸۳،

۲۸۴، ۲۸۶، ۲۹۰، ۳۰۳، ۳۰۴، ۳۰۵، ۳۰۶

وگنر ۱۷، ۱۸

وولا ستون ۱۸

یا نیمه تجربی ۱۸

I would like to thank **Professor F. Ommi** for his valuable guidance and expertise, to edit and guiding me to publishing this book, and to express our gratitude to all those who have contributed to this project. We hope that you will enjoy reading this book as much as we have enjoyed putting it together.

So buckle up, dear reader, and get ready to join us on an epic voyage across the skies! With every page turn, you will discover new insights and hidden treasures waiting just beyond the horizon. Welcome aboard – let's take off!

Mehrdad Farokhinejad

6 *Preface*

Welcome to the world of Aerodynamics, Propulsion, and Flight dynamics of insects and birds. This book is a culmination of years of research and passion for the fascinating world of aerospace, inspired by the remarkable abilities of insects and birds to fly.

Through this book, we will delve into the fundamental principles that govern the flight of these incredible creatures, and explore the ways in which they have inspired man-made innovations such as Flapping Micro Air Vehicles.

As you embark upon your journey through the pages of this enlightening volume, prepare yourself to be captivated by the wondrous world of animal flight. From the graceful soar of a majestic eagle to the dazzling acrobatics of a nimble hummingbird, the universe teems with creatures capable of defying gravity and traversing vast distances on wings of feather or membrane. In this comprehensive guidebook, the secrets behind the mysteries of avian and insect flight are brought to life in vivid detail.

Through engaging prose and stunning illustrations, the author reveals the inner workings of avian and insect flight – a seemingly effortless ballet that unfolds beneath the endlessly blue skies overhead. Uncover the intricate mechanisms that enable creatures great and small to take to the air, marvel at the astonishing diversity of flying forms found throughout nature, and learn how cutting-edge technologies are being used to mimic the aerodynamic mastery of animals in the lab.

This tome offers readers a unique window into the fascinating lives of those who fly – the countless species whose incredible journeys span continents, traverse oceans, and soar beyond the clouds themselves. Whether you are an avid birdwatcher, a curious scientist, or simply someone who has ever gazed skyward and wondered how it all works, there is something here for everyone.

The content of this book spans a wide range of topics, from the analysis of different wing shapes and mechanisms used in Micro Air Vehicles, to the use of solar cells in these vehicles, and the computer simulations used to study flapping wings.

Our aim with this book is to provide a comprehensive overview of the field, and to inspire readers to continue exploring and innovating in the world of aerodynamics and propulsion. We hope that this book will ignite your curiosity, and encourage you to see the world from a new perspective.

Book's Title:

Aerodynamics, Propulsion and Flight dynamics of insects & birds

Dr.F.Ommi

Tarbiat modares university professor

Mehrdad Farokhinejad

Ph.D. candidate of Tarbiat modares university

The topics of the discussion:

- [1] ***The rules and background of flapping wings***
- [2] ***The fundamentals of movement in aerospace***
- [3] ***The flight of birds***
- [4] ***The Flight of insects***
- [5] ***Flapping Micro Air Vehicle***
- [6] ***Computer simulation of flapping wings***
- [7] ***Types of wing shape in MAVs***
- [8] ***Analysis and review of different winging platforms in MAVs***
- [9] ***The use of solar cells in Micro Air Vehicle***
- [10] ***Classification of flapping mechanism for Micro Air Vehicle***